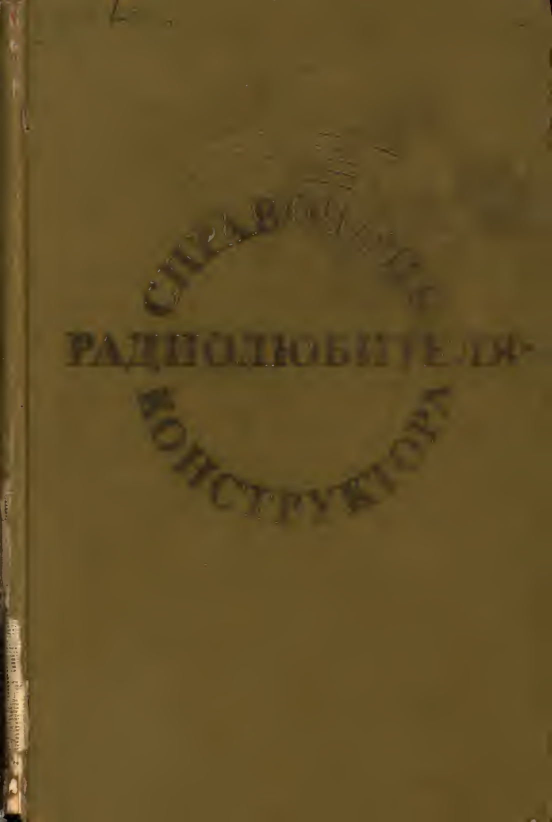

РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-
КОНСТРУКТОРА

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

ВЫПУСК 940

СПРАВОЧНИК РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-КОНСТРУКТОРА

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ
И ДОПОЛНЕННОЕ

МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1977

Составитель *Роман Михайлович Малинин*
СПРАВОЧНИК
РАДИОЛЮБИТЕЛЯ-КОНСТРУКТОРА
Редакторы издательства *Г. Н. Астафуров, Т. В. Жукова*
Переплет художника *А. А. Иванова*
Технические редакторы *Г. Г. Самсонова, Л. В. Иванова*
Корректор *И. А. Володяева*
ИБ № 1392

Сдано в набор 6/XII 1976 г. Подписано к печати 10/VI 1977 г. Т-08485. Формат 60×90¹/₁₆. Бумага типографская № 3. Усл. печ. л. 47. Уч.-изд. л. 60,57. Тираж 200 000 экз. (1-й завод 1—100 000 экз.). Зак. 949. Цена 4 р. 70 к.

Издательство «Энергия», Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10.

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградское производственно-техническое объединение «Печатный Двор» имени А. М. Горького Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 197136, Ленинград, П-136, Гатчинская ул., 26.

С74 Справочник радиолюбителя-конструктора. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1977.

752 с. с ил. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 940)

На обороте тит. л. сост.: Р. М. Малинин.

Справочник содержит рекомендации по выбору схем, конструированию, монтажу и налаживанию радиоприемников, телевизоров, магнитофонов и любительских КВ и УКВ передатчиков. Приведены справочные данные по электровакуумным полупроводниковым приборам, интегральным микросхемам и другим радиодеталям, используемым радиолюбителями в своих конструкциях.

Первое издание справочника вышло в 1973 г.

Справочник предназначается для радиолюбителей, достаточно хорошо знакомых с основами электротехники и радиоэлектроники, имеющих опыт монтажа аппаратуры по готовым схемам и описаниям и приступающих к самостоятельной творческой конструкторской работе.

$С\frac{30404-295}{051(01)-77}$ 194-76 6Ф2.9

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Радиолюбительство начинается с изучения основ радиотехники и сборки несложной радиоаппаратуры по готовым схемам и описаниям с помощью популярной научно-технической литературы. По мере накопления знаний и опыта в монтаже простой аппаратуры радиолюбителям становятся доступными для изготовления более сложные устройства.

Углубив знания в области радиоэлектроники и хорошо освоив технику монтажа, радиолюбители переходят на более высокую ступень творческой деятельности: создают собственные конструкции радиоэлектронной аппаратуры. Сконструированные радиолюбителями устройства зачастую превосходят по качественным показателям аналогичные по назначению устройства промышленного производства, нередко отличаются оригинальностью схемных и конструктивных решений, а также внешнего оформления.

Из среды радиолюбителей вышли известные ученые и специалисты, для многих молодых людей радиоэлектроника стала основной профессией.

Не одному поколению советских радиолюбителей оказывали необходимую помощь в учебе и в творческой работе школьные радиокружки, Дворцы и Дома пионеров и школьников, станции юных техников, самодеятельные радиокружки и радиоклубы на предприятиях и в учебных заведениях, радиоклубы ДОСААФ, журнал «Радио», книги и брошюры Массовой радиобиблиотеки.

Эта книга предназначается для радиолюбителей, достаточно хорошо знакомых с основами электротехники, электроники и радиотехники, имеющих опыт в монтаже аппаратуры по готовым схемам и описаниям, приступающих к самостоятельному конструированию. В связи с этим в «Справочнике радиолюбителя-конструктора» не даются описания физических процессов, лежащих в основе радиоэлектроники, не поясняются принципы действия аппаратуры, поскольку все эти сведения имеются в выпускаемых издательством «Энергия» учебниках для радиолюбителей и в другой научно-популярной литературе по электротехнике и радиотехнике.

Большой авторский коллектив, в состав которого входят известные специалисты-популяризаторы, постарался дать в этом справочнике возможно больший объем сведений, которые могут непосредственно понадобиться радиолюбителю-конструктору в его практической работе.

Во второе издание справочника введены новые разделы: «Магнитная видеозапись», «Элементы систем автоматического управления» и сведения об интегральных микросхемах. Заново написан Р. Г. Варламовым раздел «Основы конструирования и монтаж радиолюбительской аппаратуры». Другие разделы справочника подвергались переработке с учетом развития за последние годы радиотехники и электроники и возросших интересов радиолюбителей-конструкторов.

Чтобы ориентировать радиолюбителей-конструкторов на создание аппаратуры, соответствующей современному уровню техники, в соответствующих разделах справочника приводятся установленные Государственными стандартами СССР качественные показатели бытовой радиоэлектронной аппаратуры (радиовещательные приемники, телевизоры, магнитофоны, электрофоны).

Обозначения единиц физических величин в справочнике соответствуют Международной системе единиц СИ, а схемы, чертежи и другой иллюстрационный материал выполнены с учетом Единой системы конструкторской документации СССР (ЕСКД). В связи с тем что за истекшие годы некоторые ГОСТ на графические обозначения в электрических схемах изменены, во вводной части справоч-

ника даны таблицы, позволяющие читателям сравнивать применяемые в книге новые начертания элементов схем с прежними, привычными для радиолюбителей.

В разделе «Компоненты и материалы радиолюбительской аппаратуры» приведены сведения только о тех полупроводниковых приборах, электронных лампах, кинескопах и других радиодеталях, которые перспективны для применения в радиолюбительских конструкциях.

Материалы для справочника подготовил авторский коллектив в составе: Н. М. Борисов (разд. 8), Р. Г. Варламов (разд. 11), М. Д. Ганзбург (§ 5-2), Е. Б. Гумеля (разд. 2), Г. Н. Джунковский и Л. С. Лаповок (разд. 7), Ю. А. Индлин (§ 4-3—4-5), Л. М. Капчинский (разд. 13), В. Г. Корольков (§ 4-6, 5-1, 5-3—5-7), Л. Г. Лишин (разд 6), Б. Н. Лозицкий (разд. 10), Р. М. Малинин (разд. 1 и 9, § 4-1, 4-2, 12-1—12-7, 12-15), С. К. Сотников (разд. 3), В. А. Терехов (§ 12-8—12-11), А. Я. Толкачева (§ 12-12—12-14).

Большую работу по составлению материалов для справочника провел Р. М. Малинин. Общее редактирование справочника осуществил член редакционной коллегии Массовой радиобиблиотеки Н. И. Чистяков.

По согласованию с техническим управлением Госстандарта СССР редакция произвела некоторую унификацию индексов обозначений параметров полупроводниковых приборов — в индексах использованы только сокращения русских слов, а части индексов отделены точкой. Например, параметр „максимально допустимый постоянный прямой ток диода" обозначается в книге $U_{\text{обр. макс}}$ (рекомендуемое ГОСТ обозначение $U_{\text{обр. max}}$).

Редакционная коллегия Массовой радиобиблиотеки и коллектив авторов будут благодарны читателям за отзывы и замечания по настоящему справочнику, которые просим присылать по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, издательство «Энергия», редакция Массовой радиобиблиотеки.

Е. Н. ГЕНИШТА,
Лауреат Ленинской и Государственных премий СССР,
член редколлегии Массовой радиобиблиотеки

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ В СПРАВОЧНИКЕ

Сокращенные обозначения единиц физических величин

А — ампер — единица силы электрического тока.
А·ч — ампер-час — единица количества электричества; емкости гальванического, аккумуляторного элемента, батареи.
В — вольт — единица электрического напряжения.
В·А — вольтампер — единица полной электрической мощности.
вар — единица реактивной мощности.
Вб — вебер — единица магнитного потока.
Вт — ватт — единица электрической мощности.
г. — год.
г — грамм — единица массы.
Г — генри — единица индуктивности и взаимоиндуктивности.
ГГц — гигагерц (1 млрд. Гц = 1000 МГц).
Гс — гаусс — единица магнитной индукции (1 Гс = 10^{-4} Т).
Гц — герц — единица частоты.
дБ — децибел — логарифмическая единица относительного уровня электрического или акустического сигнала.
К — кулон — единица количества электричества, электрического заряда.
кВ — киловольт (1000 В).
кВт — киловатт (1000 Вт).
кВт·ч — киловатт-час — единица электрической энергии (1000 Вт·ч).
кг — килограмм.
кГц — килогерц (1000 Гц).
кд — кандела (старое название: свеча) — единица силы света.
кд/м^2 — кандела на квадратный метр — единица яркости.
км — километр.
кОм — килоом (1000 Ом).
л — литр.
м — метр.
м/с — метр в секунду — единица скорости.
мА — миллиампер (0,001 А).
мВ — милливольт (0,001 В).
мВ/м — милливольт на метр — единица напряженности электрического поля.
мВт — милливатт (0,001 Вт).
мГ — миллигенри (0,001 Г).
МГц — мегагерц (1 млн. Гц).
мес — месяц.
мин — минута.
мкм — микрометр («микрон», 0,001 мм).
мкА — микроампер (0,001 мА).
мкВ — микровольт (0,001 мВ).
мкВ/м — микровольт на метр — единица напряженности электрического поля.
мкВт — микроватт (0,001 мВт).
мкГ — микрогенри (0,001 мГ).
Мкс — максвелл — единица магнитного потока.

мкс — микросекунда (одна миллионная доля секунды).

мкСм — микросименс (одна миллионная сименса).

мкФ — микрофарада (одна миллионная доля фарады).

мм — миллиметр.

МОм — мегаом (1 млн. Ом).

Н — ньютон — единица силы.

нс — наносекунда (0,001 мкс).

нФ — нанофарада (1000 пФ = 0,001 мкФ).

Ом — единица электрического сопротивления.

Па — паскаль — ньютон на квадратный метр (единица давления).

пФ — пикофарада (одна миллионная доля микрофарады).

с — секунда.

См — сименс — единица электрической проводимости.

см — сантиметр.

см/с — сантиметр в секунду — единица скорости.

Т — тесла — единица магнитной индукции.

ч — час.

Ф — фарада — единица электрической емкости.

эВ — электронвольт — единица электромагнитной энергии.

°С — градус Цельсия — температура, разность температур.

Э — эрстед — единица напряженности магнитного поля.

Сокращения терминов, аббревиатуры

АМ — амплитудная модуляция; амплитудно-модулированный.

АПЧ — автоматическая подстройка частоты.

АПЧГ — автоматическая подстройка частоты гетеродина.

АПЧ и Ф — автоматическая подстройка частоты и фазы (генератора строчной развертки телевизора).

АРУ — автоматическое регулирование усиления; автоматический регулятор усиления.

АРЯ — автоматическое регулирование яркости изображения на экране телевизора.

АЧХ — амплитудно-частотная характеристика.

БВГ — блок вращающихся головок видеомагнитофона.

ВС — видеосигнал.

ВЧ — высокая частота; высокочастотный.

ГИР — гетеродинный индикатор резонанса.

ГОСТ — Государственный стандарт СССР.

ДВ — длинные волны; длинноволновый.

ДМВ — дециметровые волны.

ЗЧ — звуковые частоты.

КВ — короткие волны; коротковолновый.

к. б. в. — коэффициент бегущей волны.

к. н. д. — коэффициент направленного действия антенны.

КПЕ — конденсатор переменной емкости.

к. п. д. — коэффициент полезного действия.

ЛПМ — лентопротяжный механизм магнитофона, видеомагнитофона.

МВ — метровые волны.

млн. — миллион.

млрд. — миллиард.

МС — интегральная микросхема.

МСЭ — Международный союз электросвязи.

МЭК — Международный электротехнический комитет.

НЧ — низкая частота; низкочастотный.

ОБ — общая база.

ОК — общий коллектор.

ООС — отрицательная обратная связь.
ОСЧ — обратная связь по частоте.
ОЭ — общий эмиттер.
ПДУ — пульт дистанционного управления
ПТК — переключатель телевизионных сигналов.
ПЧ — промежуточная частота.
ПЧЗ — промежуточная частота звукового сопровождения телевизионной программы.
ПЧИ — промежуточная частота изображения.
РВ — радиовещание; радиовещательный.
РЭА — радиоэлектронная аппаратура.
САР — система автоматического регулирования.
СВ — средние волны; средневолновый.
СВЧ — сверхвысокая частота; сверхвысокочастотный.
СМВ — сантиметровые волны.
СЭВ — Совет Экономической Взаимопомощи социалистических стран.
ТВ — телевидение; телевизионный.
ТКЕ — температурный коэффициент емкости.
ТКИ — температурный коэффициент индуктивности.
ТКН — температурный коэффициент напряжения.
ТКС — температурный коэффициент сопротивления.
ТУ — технические условия.
ТЦ — телевизионный центр.
УВС — усилитель видеосигналов.
УВЧ — усилитель высокой частоты; усиление высокой частоты.
УКВ — ультракоротковолновый; ультракороткие волны.
УЛЗ — ультразвуковая линия задержки.
УНЧ — усилитель низкой частоты; усиление низкой частоты.
УПТ — усилитель постоянного тока.
УПЧ — усилитель промежуточной частоты; усиление промежуточной частоты.
УПЧИ — усилитель промежуточной частоты изображения.
УПЧЗ — усилитель промежуточной частоты звукового сопровождения.
ФСС — фильтр сосредоточенной селекции.
ФПЧ — фильтр промежуточной частоты.
ЧМ — частотная модуляция; частотомодулированный.
ЭВМ — электронная цифровая вычислительная машина.
ЭДОС — электродинамическая обратная связь.
э. д. с. — электродвижущая сила.

Классификация волновых и частотных диапазонов

Диапазон сантиметровых волн — 1—10 см (f = 30 ГГц — 3 ГГц).
Диапазон дециметровых волн — 10—100 см (f = 3 ГГц — 300 МГц).
Диапазон метровых волн — 1—10 м (f = 300 МГц — 30 МГц).
Диапазон декаметровых волн — 10—100 м (f = 30 МГц — 3 МГц).
Диапазон гектаметровых волн — 100—1000 м (f = 3 МГц — 300 кГц).
Диапазон километровых волн — 1000—10 000 м (f = 300 кГц — 30 кГц).

УКВ радиовещательный и телевизионный диапазоны включают в себя полосы частот, выделенные из диапазонов метровых и сантиметровых волн.

Коротковолновые радиовещательные диапазоны волн являются частями диапазона декаметровых волн.

Средневолновый радиовещательный диапазон волн представляет собой полосу частот внутри диапазона гектаметровых волн (525 ÷ 1605 кГц).

Длинноволновый радиовещательный диапазон волн образуется полосами частот, выделенных из диапазонов гектаметровых и километровых волн (150 ÷ 408 кГц). Низкие частоты (НЧ) — 30 ÷ 300 кГц.

Высокие частоты (ВЧ) — 3 МГц — 30 МГц.
Очень высокие частоты (ОВЧ) — 30 МГц ÷ 300 МГц.
Ультравысокие частоты (УВЧ) — 300 МГц ÷ 3000 МГц.
Сверхвысокие частоты (СВЧ) — 3 ГГц ÷ 30 ГГц.

Обозначения на электрических схемах

Для обозначения видов токов, электрических сигналов, импульсов и полярности электрических напряжений применяют следующие символы:

Постоянный ток	—
Положительная полярность	+
Отрицательная полярность	−
Переменный ток, общее обозначение; ток частотой 50 Гц	~
Ток (сигнал) НЧ	≈
Ток (сигнал) ВЧ	≋
Сигнал переменной частоты	
Сигнал, состоящий из несущей частоты с двумя боковыми полосами частот	
Сигнал, состоящий из несущей частоты и верхней боковой полосы частот	
Сигнал, состоящий из несущей частоты и нижней боковой полосы частот	
Сигнал, состоящий из одной боковой полосы частот (несущая частота подавлена)	
Прямоугольный импульс положительной полярности	
Прямоугольный импульс отрицательной полярности	
Остроугольный импульс положительной полярности	
Остроугольный импульс отрицательной полярности	
Пилообразный импульс положительной полярности	
Трапецеидальный импульс положительной полярности	

Графические условные обозначения проводов, кабелей, экранов, коммутационных устройств, резисторов и конденсаторов приведены в табл. 1, а полупроводниковых приборов — в табл. 2, причем в средних столбцах этих таблиц пред-

ставлены обозначения элементов РЭА, соответствующие Единой системе конструкторской документации СССР, а в крайних правых столбцах — некоторые нестандартные, но еще встречающиеся в литературе обозначения.

Таблица 1

Графические условные обозначения электрических проводов кабелей, экранов, коммутационных устройств, резисторов и конденсаторов

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
	Провода, кабели, экраны	
Провод электрический		—
Ответвление от провода, соединение проводов		—
Провода пересекаются без электрического контакта между ними		—
Электрическая цепь продолжается за пределами схемы		—
Стрелка на проводе указывает направление распространения сигнала		—
Число около крестика на проводе указывает значение тока в данном его сечении, например, 50 мА	—	50мА
Экранированный провод	или	—
Частично экранированный провод		—
Коаксиальный кабель		
Соединение с корпусом прибора РЭА		—
Соединение с землей		—
Экран элемента или группы элементов РЭА		—

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
	Коммутационные устройства	
Контакт коммутационного устройства (выключателя, электрического реле) замыкающий; общее обозначение. Выключатель однополосный		
То же для коммутации сильноточной цепи		—
То же с механической связью с другим элементом РЭА		—
Контакт коммутационного устройства размыкающий; общее обозначение		
Контакт коммутационного устройства размыкающий с механической связью с другим элементом РЭА		—
Контакт коммутационного устройства переключающий; общее обозначение. Однополюсный переключатель на два направления		
Контакт коммутационного устройства переключающий без размыкания цепи		
Переключатель однополюсный трехпозиционный с нейтральным положением		
То же с самовозвратом в нейтральное положение		

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Выключатель кнопочный однополюсный нажимной с замыкающим контактом, с самовозвратом		
Выключатель кнопочный однополюсный нажимной с размыкающим контактом		
Переключатель кнопочный однополюсный нажимной с возвратом вторичным нажатием кнопки		—
Переключатель кнопочный однополюсный нажимной с возвратом посредством отдельного привода, например нажатием специальной кнопки (сброс)		—
Переключатель двухполюсный трехпозиционный с нейтральным положением		
Переключатель двухполюсный трехпозиционный с самовозвратом в нейтральное положение		
Переключатель однополюсный многопозиционный, например трехпозиционный переключатель диапазонов радиоприемника; часть многополюсного многопозиционного переключателя	КВ СВ ДВ	
То же с безобрывным переключением		

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Выключатель многополюсный, например трехполюсный		
Переключатель многополюсный двухпозиционный, например трехполюсный		
Переключатель многополюсный независимых цепей, например четырех	1 2 3 4	—
Контакт «неразборного» соединения, например осуществленного пайкой		—
Контакт «разборного» соединения, например с помощью зажима		
Колодка зажимов с разборными контактами, например с четырьмя зажимами	1 2 3 4 или 1 2 3 4	—
Разъемное однополюсное соединение		—
Штырь разъемного соединения		—

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Гнездо разъемного соединения		
Штыревая часть коаксиального разъема		—
Гнездовая часть коаксиального разъема		—
Штыревая часть многопроводного разъема, например четырехпроводного	или 1 2 3 4	
Гнездовая часть многопроводного разъема, например четырехпроводного	или 1 2 3 4	
Перемычка коммутационная, размыкающая цепь		—
Перемычка коммутационная, переключающая		

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Вставка-переключатель (четыре варианта соединения четырех цепей)	1 2 3	—
Обмотка электрического реле, контактора, общее обозначение		—
Обмотки двухобмоточного электрического реле		—
Реле электромагнитное, например с замыкающим и размыкающим контактами (контакты реле могут быть расположены на схеме в удалении от обмотки)		
Реле электромагнитное поляризованное на два направления тока в обмотке, с нейтральным положением [контакт, обозначенный точкой (черточкой), замыкается при приложении положительного полюса напряжения к выводу обмотки, обозначенному точкой (черточкой)]	P	P
Реле электромагнитное поляризованное на одно направление тока в обмотке, без самовозврата	P	—
Реле тепловое, например с замыкающим контактом		
Гнездо контрольное	—	

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Гнездо штепсельное телефонное, двухпроводное		—
Штепсель телефонный, двухпроводный		—
Резисторы постоянные		
Общее обозначение		—
С отводами		—
С номинальной мощностью рассеяния 0,05 Вт		—
То же 0,125 Вт		—
То же 0,25 Вт		—
То же 0,5 Вт		—
То же 1 Вт		—
То же 2 Вт		—
То же 5 Вт		—
То же 10 Вт		—
Варистор	U	—
Терморезистор прямого нагрева	t^o	—
Терморезистор с подогревом	t^o	t^o

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Фоторезистор		—
Резисторы переменные и подстроечные		
Переменный резистор, реостат, общее обозначение	или	—
Переменный резистор, используемый в качестве потенциометра		—
Переменный резистор с отводами		—
Переменный резистор с выключателем, изображенным совмещенно с ним	или	—
Переменный резистор с выключателем, изображенным раздельно от него	или	—
Переменный резистор сдвоенный	или	—

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Подстроечный реостат		—
Подстроечный резистор-потенциометр		—
Дополнительные значки у обозначений переменных и подстроечных резисторов		
Регулирование ручкой, выведенной наружу	●	—
Регулирование инструментом, ось выведена наружу устройства	◐	—
Регулирование инструментом, элемент регулирования внутри устройства	Ф	—
Ступенчатое регулирование		—
Регулирование громкости, усиления	—	
Регулирование тембра в области верхних звуковых частот	—	
Регулирование тембра в области нижних звуковых частот	—	
Регулирование баланса в стереофонических системах	—	
Конденсаторы		
Постоянной емкости, общее обозначение		
Электролитический полярный		

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Электролитический неполярный		—
Постоянной емкости, двухсекционный (у выводов анодов двухсекционного электролитического конденсатора ставят знак +)		—
Проходной; дуга обозначает корпус, внешний электрод		
Опорный		
Переменной емкости (дуга или точка обозначает ротор)		
Многосекционный, например двухсекционный, переменной емкости (блок КПЕ) (конденсаторы, входящие в блок, могут быть разнесены по схеме)		
Переменной емкости, дифференциальный		
Подстроечный, общее обозначение		
Подстроечный, регулирование инструментом, ось выведена наружу		

Продолжение табл. 1

Наименование элемента	Обозначение по действующим ГОСТ	Другие обозначения
Подстроечный, регулирование инструментом, ось внутри устройства		

Примечания: 1. Число, стоящее около графического обозначения резистора, указывает его номинальное сопротивление. Если после числа нет обозначения единицы — сопротивление выражено в омах. Если после числа стоит буква К или М — сопротивление выражено в килоомах или в мегаомах соответственно.

Примеры: 4,7 — следует читать: 4,7 Ом; 150 — следует читать: 150 Ом; 150К — следует читать: 150 кОм; 4,7М — следует читать: 4,7 МОм.

2. Число около графического обозначения конденсатора указывает его номинальную емкость. Если обозначение после целого числа отсутствует или после числа с дробью имеются буквы пФ — емкость выражена в пикофарадах.

Если около обозначения конденсатора стоит число в виде десятичной дроби или в виде целого числа, после которого запятая и нуль (обозначение единицы отсутствует) — емкость выражена в микрофарадах.

Примеры: 10 — следует читать: 10 пФ; 3,3 пФ — следует читать: 3,3 пФ; 3,3 — следует читать: 3,3 мкФ; 0,1 — следует читать: 0,1 мкФ.

У обозначения электролитического конденсатора дополнительно указывают его номинальное напряжение в вольтах.

3. Если около конденсатора переменной емкости или подстроечного конденсатора стоит одно число, — это его максимальная емкость; если же стоят два числа, разделенные знаком тире, первое из них указывает минимальную, а второе максимальную емкость в пикофарадах.

4. Емкость конденсатора (или сопротивление резистора), около обозначения которого стоит звездочка, является ориентировочной и должна быть подобрана при налаживании аппаратуры.

Таблица 2

Условные графические обозначения полупроводниковых приборов

Наименование полупроводникового прибора	Обозначение по ГОСТ 2.730-73	Другие обозначения
Полупроводниковые диоды		
Диод выпрямительный; столб выпрямительный: *а* — анод; *к* — катод	a к	
Туннельный диод		
Обращенный диод		
Стабилитрон; опорный диод		
Стабилитрон с двусторонней проводимостью		

Продолжение табл. 2

Наименование полупроводникового прибора	Обозначение по ГОСТ 2.730-73	Другие обозначения
Варикап		
Варикапная сборка		—
Светодиод		
Фотодиод		
Двунаправленный диод		—
Выпрямительный однофазный диодный мост (схема Греца)	~ − + ~	~ ~ − +
Тиристоры		
Диодный (динистор): *а* — анод; *к* — катод	*а* *к*	
Диодный симметричный		
Триодный (тринистор), незапираемый, с управлением по аноду: *а* — анод; *к* — катод; *у* — управляющий электрод	*а* *к* *у*	
Триодный (тринистор), незапираемый, с управлением по катоду	*а* *к* *у*	—

Продолжение табл. 2

Наименование полупроводникового прибора	Обозначение по ГОСТ 2.730-73	Другие обозначения
Триодный (тринистор), запираемый, с управлением по аноду	а к у	а к у
Триодный (тринистор), запираемый, с управлением по катоду	а к у	а к у
Триодный симметричный, незапираемый (симистор)		—
Транзисторы		
Бескорпусной структуры n-p-n (например, в микросхеме): б — база; к — коллектор; э — эмиттер	б к э	—
Бескорпусной структуры n-p-n с несколькими эмиттерами (например, в микросхеме)		—
Структуры n-p-n в корпусе; общее обозначение	б к э	б к э
Структуры p-n-p в корпусе; общее обозначение	б к э	б к э
Электрическое соединение одного из электродов с корпусом обозначается точкой, например:		
а) у транзистора структуры n-p-n с корпусом соединена база	б к э	—
б) у транзистора структуры n-p-n с корпусом соединен коллектор	б к э	—

Продолжение табл. 2

Наименование полупроводникового прибора	Обозначение по ГОСТ 2.730-73	Другие обозначения
в) транзистор структуры *n-p-n* с отдельным выводом от корпуса; выводы всех электродов от корпуса изолированы		
Лавинный, например структуры *n-p-n*		—
Однопереходный с базой *n*-типа: $б_1$, $б_2$ — выводы базы; *э* — вывод эмиттера		
Однопереходный с базой *p*-типа		
Полевой с *p-n* переходом и *n*-каналом: *з* — затвор; *и* — исток; *с* — сток		
Полевой с *p-n* переходом и *p*-каналом		
Полевой структуры МОП с *n*-каналом, работающим в режиме обогащения: *з* — затвор; *и* — исток; *с* — сток; *п* — подложка		
Полевой структуры МОП с *p*-каналом, работающим в режиме обогащения		
Полевой структуры МОП с *n*-каналом, работающим в режиме обеднения		

Продолжение табл. 2

Наименование полупроводникового прибора	Обозначение по ГОСТ 2.730-73	Другие обозначения
Полевой структуры МОП с *p*-каналом, работающим в режиме обеднения		
Полевой структуры МОП с двумя затворами, например, с *p*-каналом, работающим в режиме обеднения	З1 С П И З2	

Обозначения катушек, дросселей, автотрансформаторов и трансформаторов

Катушка без сердечника (магнитопровода)	
То же с отводами	
Катушка с неподвижным ферромагнитным сердечником, в том числе с ферритовым	
Катушка с неподвижным ферромагнитным сердечником, имеющим немагнитный зазор	
Катушка с ферритовым подстроечным сердечником	
Катушка с магнитодиэлектрическим подстроечным сердечником	
Катушка с немагнитным подстроечным сердечником, например латунным	
Вариометр	

Автотрансформатор с ферромагнитным магнитопроводом

То же с электрически изолированной дополнительной обмоткой

Трансформатор без сердечника (магнитопровода); связь между обмотками постоянная (точкой обозначено начало обмотки)

То же с отводами в обмотках

Трансформатор без сердечника (магнитопровода), связь между обмотками переменная

Трансформатор с немагнитными подстроечными сердечниками, раздельными для обмоток

То же с магнитодиэлектрическими подстроечными сердечниками

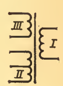
Трансформатор с магнитодиэлектрическим подстроечным сердечником, общим для обеих обмоток

То же с ферритовым подстроечным сердечником

Трансформатор с ферритовыми сердечниками, отдельными для каждой обмотки

Трансформатор двухобмоточный с неподвижным ферромагнитным сердечником, в том числе с ферритовым

Трансформатор трехобмоточный с отводом в обмотке *II*

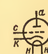


Трансформатор с магнитопроводом и экраном между обмотками, соединенными с корпусом устройства

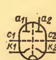
Обозначения электровакуумных электронных и ионных приборов

Диод, кенотрон косвенного накала подогревный:
к — катод, *н* — подогреватель, *а* — анод

Триод косвенного накала, подогревный:
а — анод; *с* — сетка; *к* — катод; *н* — подогреватель

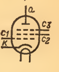


Триод двойной косвенного накала с экраном между триодами:
a_1, a_2 — аноды; c_1, c_2 — сетки; $к_1$, $к_2$ — катоды



Тетрод лучевой косвенного накала:
а — анод; c_1 — управляющая сетка; c_2 — экранирующая сетка

Двойной лучевой тетрод косвенного накала (генераторный)

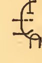


Пентоды косвенного накала (подогревные):
a — анод; c_1 — управляющая сетка; c_2 — экранирующая сетка; c_3 — защитная сетка

Триод-пентод косвенного накала

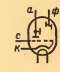
Триод-гептод косвенного накала

Один триод двойного триода, триодная часть триод-пентода, или триод-гептода, или двойного диода-триода

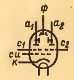


Пентодная часть триод-пентода

Индикатор электронно-световой:
a — анод; $ф$ — флуоресцирующий анод; c — сетка управляющая; $к$ — катод



Индикатор электронно-световой с двойным управлением:
a_1, a_2 — аноды первого и второго триодов; $си$ — сетка индикаторная



Бареттер (стабилизатор тока)

Электрические лампы накаливания

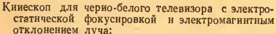
Газосветная лампа, например неоновая

Стабилитрон газоразрядный

Тиратрон с холодным катодом, триодный

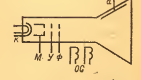
Тиратрон с холодным катодом, тетродный

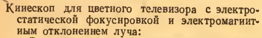
Фотоэлемент ионный



Кинескоп для черно-белого телевизора с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча:

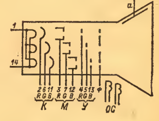
к — катод; *м* — модулятор (управляющий электрод); *ф* — фокусирующий электрод; *у* — ускоряющий электрод; *а* — основной анод





Кинескоп для цветного телевизора с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением луча:

R — электроды, обеспечивающие красное свечение экрана; *G* — электроды, обеспечивающие зеленое свечение экрана; *B* — электроды, обеспечивающие синее свечение экрана



Обозначения электроакустических приборов

Головка громкоговорителя электродинамического прямого излучения

Телефон, общее обозначение

Телефон головной

Микрофон, общее обозначение

Микрофон электродинамический

Зуммер

Звонок электрический

Сирена электрическая

Обозначения звукоснимателей граммофонных

Монофонический пьезоэлектрический

Монофонический электромагнитный

Стереофонический пьезоэлектрический

Стереофонический электромагнитный

Обозначения магнитных головок

Записывающая монофоническая

Воспроизводящая монофоническая

Универсальная монофоническая

Универсальная стереофоническая

Стирающая

Обозначения электродвигателей переменного тока однофазных

С немагнитным или ферромагнитным ротором без обмотки

С ротором, имеющим прорези по окружности, без обмотки

С ротором, имеющим короткозамкнутую обмотку

Коллекторный, последовательного возбуждения

Синхронный, с пусковой обмоткой

Обозначения электродвигателей постоянного тока коллекторных

С возбуждением постоянным магнитом

Последовательного возбуждения

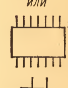
Параллельного возбуждения

Параллельного возбуждення с центробежным вибрационным регулятором

Обозначения нитегральных мнкросхем

Интегральная микросхема, общее обозиачение

ИЛИ



Интегральная микросхема, выполияющая функции усилнтеля (выводы ннтегральных микросхем, к которым другие элементы устройства не подключены, на электрических схемах обычно не показывают. Входы мнкросхем, выполняющих функцнн усилнтелей, как правило, изображают слева, а выходы — справа).

ИЛИ

Обозначения других элементов и устройств

Плавкий предохранитель

Искровой разрядннк

Магнит постоянный

Обмотка электромагнита

Элемент гальванический или аккумуляторный

Батарея гальванических или аккумуляторных элементов (батарею гальванических или аккумуляторных элементов иногда обозначают в виде одного элемента, указывая рядом с ним напряжение батареи)

Общее обозначение антенны

Штыревая антенна

Противовес

Симметричный вибратор

Петлевой вибратор Пистолькорса

Рамочная антенна

Магнитная (ферритовая) антенна

На электрических принципиальных схемах, кроме того, могут быть следующие условные обозначения:

1. Наличие механических связей между элементами или их конструктивное объединение (например, два переменных резистора с общей осью, переменный резистор, объединенный с выключателем питания, конденсаторы переменной емкости, образующие блок) обозначают штриховой линией или двумя сплошными линиями, если элементы расположены на схеме близко друг к другу (например, контакты многополюсного переключателя — см. стр. 13). При большом удалении объединенных элементов штриховые линии могут быть оборваны вблизи этих элементов; о наличии связей указывают в подписи к схеме или в ее описании.

2. Число в рамке около резонансного контура указывает частоту в мегагерцах, на которую он настроен.

3. Напряжение, обозначенное около вывода электрода транзистора, лампы или около проводника — это напряжение между данной точкой и корпусом аппарата (шасси, землей, общим проводом).

4. Если на схеме указана только точка подключения одного из полюсов источника питания, подразумевается, что его второй полюс присоединен к корпусу (общему проводу) аппарата.

5. На принципиальных схемах РЭА с электронными лампами цепи накала часто не показывают; при этом концы обмоток накала трансформатора питания и выводы от нитей накала (подогревателей) обозначают одинаковыми буквами.

Обозначение элементов структурных и функциональных электрических схем

Генератор электрических колебаний, например НЧ

Генератор колебаний переменной частоты, например ВЧ

Преобразователь частоты [1]

Умножитель частоты [1]

Делитель частоты [1]

Усилитель [2]

или

То же с регулируемым усилением [2]

Ограничитель амплитуды сигнала по максимуму

Фазовращатель

Выпрямитель [1]

Фильтр нижних частот

Фильтр верхних частот

Фильтр полосовой

Фильтр режекторный («фильтр-пробка»)

Линия задержки

Амплитудный детектор

Детектор отношений (детектор ЧМ сигналов)

Устройство, выделяющее верхние частоты (предкорректор)

Устройство, выделяющее нижние частоты

Модулятор и демодулятор частотный

Модулятор и демодулятор фазовый

Дискриминатор частотный

Дискриминатор фазовый

---

[1] Стрелка указывает направление преобразования сигнала.
[2] Направление передачи сигнала указывает вершина треугольника на горизонтальной линии связи.

РЕЗОНАНСНЫЕ ЦЕПИ

СОДЕРЖАНИЕ

1-1. КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ КОНТУРЫ С СОСРЕДОТОЧЕННЫМИ ПОСТОЯННЫМИ

Основные параметры контуров

При конструировании РЭА часто необходимо вычислять индуктивности катушек L и емкости конденсаторов C резонансных контуров, при которых обеспечивается настройка контуров на заданные частоты f (или длины волн λ), а также определять частоты настройки контуров при известных значениях L и C. Таблица 1-1 дает возможность найти произведение LC, при котором контур настроен на заданную длину волны λ в пределах 10—100 м (соответственно на частоту f в пределах 30—3 МГц), либо определить частоту настройки f при известном произведении LC в пределах 28,2—2820 мкГ·пФ.

Так, например, если имеется катушка с индуктивностью L, то, разделив на L найденное по таблице произведение LC, легко определить, какую нужно иметь в контуре емкость C, для того чтобы получить настройку контура на заданную длину волны λ (или частоту f). Если же задана емкость контура C, то, разделив на C произведение LC, соответствующее требуемому значению f или λ, можно узнать L.

При расчете УКВ контура ($\lambda = 1 \div 10$ м) указанное в таблице численное значение заданной длины волны умножаем на 10 (или делим на 10 заданную частоту), находим полученное число в графе λ (или f) и соответствующее ему произведение LC уменьшаем в 100 раз. Для определения длины волны, на которую настроен контур диапазона УКВ, по известному значению LC, увеличивая это произведение в 100 раз, находим соответствующую ему величину в графе λ и делим ее на 10.

Когда же нужно рассчитать контур на диапазон СВ или ДВ, в графе λ выбираем число, соответственно в 10 или 100 раз большее заданного (или в графе f число, в 10 или 100 раз меньшее заданного значения частоты), и увеличиваем произведение LC соответственно в 100 раз при СВ или в 10 000 раз при ДВ.

Таблица 1-1

К расчету резонансного контура

λ, м	f, МГц	LC, мкГ·пФ	λ, м	f, МГц	LC, мкГ·пФ	λ, м	f, МГц	LC, мкГ·пФ
10,0	30,00	28,2	21,5	14,00	130,0	48,5	6,19	662
10,1	29,70	28,7	22,0	13,60	136,0	49,0	6,12	676
10,2	29,39	29,2	22,5	13,30	143,0	49,5	6,06	690
10,4	28,83	30,5	23,0	13,00	145,0	50,0	6,00	704
10,6	28,28	31,7	23,5	12,80	156,0	51,0	5,88	733
10,7	28,00	32,3	24,0	12,50	162,0	52,0	5,77	762
10,8	27,76	32,9	24,5	12,20	169,0	53,0	5,66	791
11,0	27,36	34,1	25,0	12,00	176,0	54,0	5,56	821
11,2	26,77	35,3	25,5	11,80	183,0	55,0	5,45	851
11,4	26,30	36,5	26,0	11,50	191,0	56,0	5,36	883
11,6	25,85	37,9	26,5	11,30	198	57,0	5,27	915
11,8	25,41	39,2	27,0	11,10	205	58,0	5,17	947
12,0	25,00	40,5	27,5	10,90	213	59,0	5,09	980
12,2	24,50	41,9	28,0	10,70	221	60,0	5,00	1010
12,4	24,18	43,2	28,5	10,50	229	61,0	4,92	1050
12,6	23,80	44,7	29,0	10,40	237	62,0	4,84	1080
12,8	23,42	46,1	29,5	10,20	245	63,0	4,76	1120
13,0	23,06	47,6	30,0	10,00	253	64,0	4,69	1150
13,2	22,71	49,0	30,5	9,84	262	64,5	4,65	1170
13,4	22,37	50,6	31,0	9,68	270	65,0	4,62	1190
13,6	22,04	52,0	31,5	9,53	280	66,0	4,55	1230
13,8	21,73	53,6	32,0	9,38	288	67,0	4,48	1260
14,0	21,42	55,2	32,5	9,23	297	68,0	4,41	1300
14,2	21,11	56,7	33,0	8,96	316	69,0	4,35	1340
14,3	21,00	57,5	33,5	8,96	316	70,0	4,29	1380
14,4	20,82	58,3	34,0	8,83	326	71,0	4,23	1420
14,6	20,54	60,0	34,5	8,70	335	72,0	4,17	1460
14,8	20,26	61,6	35,0	8,57	345	73,0	4,11	1500
15,0	20,00	63,4	35,5	8,45	355	74,0	4,06	1540
15,2	19,72	65,1	36,0	8,33	365	75,0	4,00	1580
15,4	19,47	66,6	36,5	8,22	375	76,0	3,95	1630
15,6	19,22	68,4	37,0	8,11	385	77,0	3,90	1670
15,8	18,98	70,2	37,5	8,00	396	78,0	3,85	1710
16,0	18,74	72,1	38,0	7,90	407	79,0	3,80	1760
16,2	18,51	73,7	38,5	7,79	417	80,0	3,75	1800
16,4	18,28	75,6	39,0	7,69	428	81,0	3,71	1850
16,6	18,06	77,5	39,5	7,60	439	82,0	3,66	1890
16,8	17,85	79,1	40,0	7,50	450	83,0	3,61	1940
17,0	17,64	81,4	40,5	7,41	462	84,0	3,57	1990
17,2	17,43	83,2	41,0	7,32	473	85,0	3,53	2030
17,4	17,23	85,2	41,5	7,23	485	86,0	3,49	2080
17,6	17,04	87,0	42,0	7,15	497	87,0	3,45	2130
17,8	16,84	89,1	42,5	7,06	509	88,0	3,41	2180
18,0	16,66	91,2	42,8	7,00	517	89,0	3,37	2230
18,2	16,47	93,2	43,0	6,97	521	90,0	3,33	2280
18,4	16,29	95,4	44,0	6,82	545	91,0	3,30	2330
18,6	16,12	97,4	44,5	6,74	558	92,0	3,26	2380
18,8	15,95	99,4	45,0	6,67	570	93,0	3,23	2430
19,0	15,78	102,0	45,5	6,59	583	94,0	3,19	2490
19,2	15,62	103,7	46,9	6,53	596	95,0	3,16	2540
19,4	15,45	106,6	46,1	6,50	600	96,0	3,13	2590
19,6	15,30	108,0	46,5	6,45	609	97,0	3,09	2650
19,8	15,14	110,0	47,0	6,39	629	98,0	3,06	2700
20,0	15,00	112,0	47,5	6,32	635	99,0	3,03	2760
20,5	14,60	118,0	48,0	6,25	649	100,0	3,00	2820
21,0	14,30	124,0						
×10	: 10	×100	×10	: 10	×100	×10	: 10	×100
×100	: 100	×10 000	×100	: 100	×10 000	×100	: 100	×10 000
: 10	×10	: 100	: 10	×10	: 100	: 10	×10	: 100
: 100	×100	: 10 000	: 100	×100	: 10 000	: 100	×100	: 10 000

Ширину полосы пропускания одиночного резонансного контура $2\Delta f$ (интервал между частотами сигнала, при которых амплитуда колебаний уменьшается в $1/\sqrt{2}$ раз, т. е. до 0,7 от амплитуды при равенстве частоты сигнала частоте настройки контура f) можно определить по формуле

$$2\Delta f = f/Q; \tag{1-1}$$

здесь Q — добротность контура.

Соответственно добротность, при которой получается требуемая полоса пропускания

$$Q = f/2\Delta f. \tag{1-2}$$

Эквивалентное резонансное сопротивление резонансного контура с параллельным включением катушки индуктивности и конденсатора (рис. 1-1, *а*)

$$\left.\begin{aligned} R_{oe} &= 6{,}28 fLQ; \\ R_{oe} &= \frac{159 \cdot 10^3 Q}{fC} \end{aligned}\right\} \tag{1-3}$$

Рис. 1-1.

и контура с последовательным включением катушки индуктивности и конденсатора (рис. 1-1, *б*)

$$\left.\begin{aligned} r_{oe} &= \frac{6{,}28 fL}{Q}; \\ r_{oe} &= \frac{159 \cdot 10^3}{CQ}, \end{aligned}\right\} \tag{1-4}$$

где R_{oe} и r_{oe}, кОм; f, кГц; L, мкГ; C, пФ.

Поскольку потери в конденсаторе резонансного контура значительно меньше, чем в катушке, собственную добротность одиночного контура можно принимать приблизительно равной добротности примененной в нем катушки. Резонансные контуры РЭА часто связаны с другими контурами либо включены в какие-либо цепи полупроводниковых приборов или электронных ламп. Поскольку упомянутые контуры и приборы вносят в резонансный контур дополнительные потери (обычно значительные), эффективная добротность контура $Q_э$ меньше его собственной добротности. Вследствие этого полоса пропускания расширяется, R_{oe} уменьшается, а r_{oe} увеличивается. В этих случаях R_{oe} и r_{oe} также можно вычислить по формулам (1-3), (1-4), подставляя в них соответствующие эффективные значения добротности:

$$R_{oeэ} = 6{,}28 \cdot fLQ_э; \quad r_{oeэ} = \frac{159 \cdot 10^3}{CQ_э}.$$

Для расширения полосы пропускания каскадов (например, в телевизионных приемниках) иногда приходится снижать добротность параллельных контуров, шунтируя контуры резисторами. Это одновременно ведет к уменьшению R_{oe}.

Определение эквивалентных сопротивлений параллельных контуров необходимо при расчете резонансных усилительных каскадов и генераторов электрических колебаний. От эквивалентного сопротивления контура зависит усиление каскада.

Катушки

Во всех формулах этого параграфа размеры катушек и диаметры проводов выражены в миллиметрах, а индуктивности — в микрогенри.

Индуктивность однослойной цилиндрической катушки без сердечника, содержащей w витков диаметра D, вычисляют по формуле

$$L = w^2 D k_1 \cdot 10^{-4}, \tag{1-5}$$

Коэффициент k_1 находят с помощью графика на рис. 1-2.
Заданная индуктивность L получается при числе витков

$$w = 100\sqrt{\frac{L}{Dk_1}}. \qquad (1\text{-}6)$$

Чтобы полученное расчетом число витков при плотной намотке заняло заданную длину a, катушку нужно намотать проводом, имеющим диаметр в изоляции

$$d_{из} = a/w. \qquad (1\text{-}7)$$

Формулами (1-5) — (1-7) можно пользоваться также для расчета дросселей без сердечников, например наматываемых на каркасах непроволочных высокоомных резисторов.

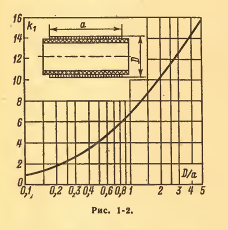


Рис. 1-2.

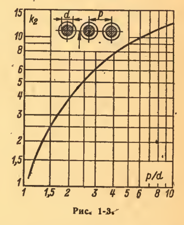


Рис. 1-3.

Индуктивность однослойной цилиндрической катушки, намотанной с шагом p, вычисляют по формуле

$$L = (w^2Dk_1 + wk_2)\cdot 10^{-4}, \qquad (1\text{-}8)$$

где k_1 и k_2 — из графиков на рис. 1-2 и 1-3.

Индуктивность многослойных катушек. Катушки выполняют многослойными, когда нужно иметь $L > 100$ мкГ (контуры диапазонов СВ и ДВ, контуры ПЧ при $f = 465$ кГц).

Индуктивность многослойной катушки с обмоткой прямоугольного сечения

$$L = w^2D_{ср}k_3\cdot 10^{-4}, \qquad (1\text{-}9)$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр обмотки; коэффициент k_3 находят с помощью графика на рис. 1-4 по отношениям $a/D_{ср}$ и $b/D_{ср}$ (a и b — длина и радиальная толщина обмотки).

Число витков катушки, необходимое для получения заданной индуктивности L при $a \approx b$ и $D_{ср} \approx 3a$, можно приближенно определить по формуле

$$w = 20\sqrt{L/a}. \qquad (1\text{-}10)$$

Индуктивность катушек со стержневыми ферритовыми и карбонильными сердечниками — «подстроечниками». При тех же размерах и тех же числах витков такие катушки имеют бо́льшие индуктивности; соответственно требуемую

индуктивность можно получить при меньшем числе витков. Изменяя положение сердечника относительно витков катушки, можно изменять и подгонять L точно под заданное значение. Вместе с тем введение сердечника увеличивает Q катушки.

В цилиндрических катушках резонансных контуров, работающих на частотах ниже 2 МГц (контуры диапазонов ДВ и СВ), целесообразно применение сердечников из феррита 600НН или 700НМ, а на частотах 3—30 МГц (контуры диапазона КВ, контуры ПЧ при $f = 6{,}5$; 6,8 и 10,7 МГц) — сердечников из ферритов 13ВЧ, 30ВЧ2, 100НН или из карбонильного железа (см. § 12-7).

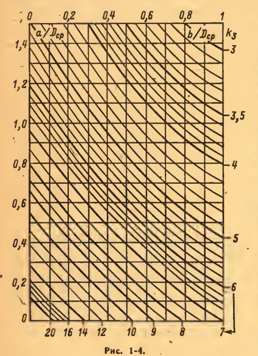


Рис. 1-4.

Для получения возможно большего значения Q и возможно большего предела изменения L внешний диаметр каркаса катушки не должен превышать диаметр ферритового сердечника более чем в 2—2,5 раза, а карбонильного — в 1,2 раза. Длина намотки катушки должна составлять примерно 0,9 длины сердечника.

Расчет числа витков катушки производят по формуле (1-6) или (1-10), подставляя в нее значение L в 1,3—1,5 раза меньшее заданного. Тогда при введении сердечника получим требуемое значение индуктивности.

Если катушку наматывают на унифицированном каркасе заводского изготовления с сердечником, то требуемое число ее витков

$$w = k_4 \sqrt{L}, \qquad (1\text{-}11)$$

коэффициент k_4 берем из табл. 1-2.

Катушки с кольцевыми сердечниками применяют, когда нужно получить требуемую индуктивность в минимальных габаритах. Достоинство таких катушек — незначительное рассеивание магнитного потока, а недостаток — сложность процесса намотки и невозможность плавного регулирования индуктивности (изменять индуктивность можно только домоткой или сматыванием витков; при малом общем числе витков таким способом нередко невозможно подогнать индуктивность точно под требуемое значение). Катушки с кольцевыми сердечниками из ферритов с высокой магнитной проницаемостью пригодны только для использования в широкополосных контурах, так как такие катушки имеют малую добротность.

Катушки с кольцевым сердечником можно рассчитать по формуле (1-12) с использованием соответствующего коэффициента из табл. 1-2. Численные значения этих коэффициентов соответствуют магнитным проницаемостям сердечников с наибольшим отрицательным допуском, т. е. во многих практических случаях фактическая индуктивность изготовленной катушки будет больше, чем полученная расчетом. Подгонку индуктивности приходится делать уменьшением числа витков.

Таблица 1-2

Коэффициенты к формуле (1-12)

Конструкция катушки	k_4
Однослойная на унифицированном каркасе ⌀ 6,5 мм со стержневым сердечником М100НН-СС-2,8×12, намотка виток к витку проводом ПЭЛШО или ПЭЛ 0,1—0,27 мм ($L \leq 15$ мкГ)	10
Многослойная на унифицированном трехсекционном каркасе со стержневым сердечником М600НН-СС-2,8 × 14, намотка внавал	11
Катушки на ферритовых кольцевых сердечниках	
М700НМ К10×6×3	2,6
М700НМ К10×6×4,5	2,2
М700НМ К12×8×3	2,9
М700НМ К16×10×4,5	2,2
М700НМ К20×12×6	1,8
М1000НМ К10×6×3	2,1
М1000НМ К10×6×4,5	1,7
М1000НМ К12×8×3	2,4
М1000НМ К16×10×4,5	1,8
М1000НМ К20×12×6	1,5
М1500НМ К10×6×3	1,7
М1500НМ К10×6×4,5	1,4
М1500НМ К12×8×3	1,9
М1500НМ К16×10×4,5	1,4
М1500НМ К20×12×6	1,2
М2000НМ К10×6×3	1,4
М2000НМ К10×6×4,5	1,2
М2000НМ К12×8×3	1,6
М2000НМ К16×10×4,5	1,2
М2000НМ К20×12×6	1,0
Катушки на ферритовых броневых сердечниках	
М700НМ Б9, $l_з=0{,}13$ мм	4,1
М700НМ Б9, М1000НМ Б9 и М1500НМ Б9, $l_з=0{,}26$ мм	5,0
М700НМ Б11, М1000НМ Б11 и М1500НМ Б11, $l_з=0{,}55$ мм	5,0
М700НМ Б11, М1000НМ Б11, М1500НМ Б11, $l_з=0{,}3$ мм	4,1
М700НМ Б14, М1000НМ Б14, М1500НМ Б14, $l_з=0{,}27$ мм	3,2
М700НМ Б14, М1000НМ Б14 и М1500НМ Б14, $l_з=0{,}14$ мм	2,5
М1000НМ Б9 и М1500НМ Б9, $l_з=0{,}55$ мм	6,3
М1000НМ Б9 и М1500НМ Б9, $l_з=0{,}15$ мм	4,1
Катушки в карбонильных броневых сердечниках	
СБ-9а и СБ-12а	7,0
СБ-23-11а	4,0
СБ-23-17а, СБ-28а и СБ-34а	4,5

Примечания: 1. Обозначения типоразмеров сердечников см. § 12-7.
2. $l_з$ — размер воздушного зазора между средними частями чашек броневого сердечника.

Для определения числа витков катушки с кольцевым сердечником, обеспечивающего заданную индуктивность, можно также применить следующую формулу:

$$w = 50\sqrt{\frac{L\,(d+d_1)}{\mu_{нач} h\,(d-d_1)}}, \tag{1-12}$$

где d, d_1, h — внешний диаметр, внутренний диаметр и высота кольца; $\mu_{нач}$ — начальная магнитная проницаемость.

При слабом переменном магнитном поле в сердечнике в отсутствие его постоянного подмагничивания магнитную проницаемость $\mu_{нач}$ можно принять равной числу, входящему в марку феррита (например, для феррита марки 600НН $\mu_{нач} = 600$), однако надо иметь в виду, что фактическое значение $\mu_{нач}$ может отличаться от ее номинального значения. Поэтому точность расчета по формуле (1-12) не превышает 10—15%.

Рис. 1-5.

Витки катушки нужно располагать по кольцу равномерно.

Радиолюбители иногда делают немагнитный зазор в кольцевом сердечнике, раскалывая его на две половинки с последующим склеиванием. Таким способом увеличивают добротность катушки. Однако при этом уменьшается магнитная проницаемость и увеличивается поле рассеяния катушки. Точно рассчитать индуктивность катушки с кольцевым сердечником, имеющим клеевой зазор, практически невозможно.

Катушки с броневыми сердечниками характеризуются высокой добротностью и малой собственной емкостью при малых размерах. Так как магнитная цепь полностью окружает витки катушки и обладает хорошими магнитными свойствами, она одновременно является экраном и защищает обмотку от механических повреждений.

С помощью стержневого или винтового сердечника легко регулировать и устанавливать требуемую индуктивность. Расчет катушек в броневых ферритовых сердечниках при различных размерах зазора можно произвести по формуле (1-12), подставляя в нее соответствующие коэффициенты из табл. 1-2.

Добротность катушки представляет собой отношение реактивной энергии, запасенной в катушке, к энергии потерь при данной частоте. Для катушек с ферритовыми сердечниками в диапазоне частот $f = 100$ кГц $\div$ 12 МГц $Q = 60 \div 180$.

Применение многожильного высокочастотного обмоточного провода марок ЛЭП, ЛЭЛ, ЛЭШО, ЛЭШД, ЛЭЛО, ЛЭЛД увеличивает добротность катушек контуров диапазонов СВ и ДВ в среднем в 1,5—2 раза. Теоретический расчет добротности катушек представляет значительную трудность. Значения Q обычно получают измерением.

Собственная емкость C_L однослойной цилиндрической неэкранированной катушки, намотанной на каркасе диаметром D из полиэтилена, полистирола, органического стекла, картона, пропитанного полистирольным лаком, может быть определена по формуле

$$C_L = k_5 D. \tag{1-13}$$

При плотной укладке витков катушки (виток к витку) коэффициент $k_5 = 0{,}65$, а при намотке с шагом p он имеет следующие значения:

p/D	2	3	4 и более
k_5	0,055	0,048	0,045

Если витки уложить по нарезке, предварительно сделанной на каркасе, то C_L увеличивается на 15—20%. Собственная емкость бескаркасных катушек на 15—20% меньше.

Многослойные катушки имеют емкость порядка десятков пикофарад. Точный теоретический расчет их C_L затруднителен, так как C_L сложно зависит от конфигурации катушки, диаметра и изоляции провода; C_L уменьшается с увеличением толщины намотки и с уменьшением длины намотки (при том же числе витков). Если катушку сделать секционированной, с расстояниями между секциями, примерно равными длине секций, то при двух секциях C_L уменьшается в 1,5 раза, при трех — в 1,8 раза и при четырех — в 2 раза. Покрытие катушки (однослойной, многослойной) лаком увеличивает ее емкость на 25—30%. Сердечник или экран могут увеличить C_L в 2—3 раза. Чем ближе экран или сердечник в обмотке, тем больше собственная емкость катушки.

Индуктивность одиночного витка из провода прямоугольного сечения можно определить по формуле (1-9), подставив в нее $w = 1$ и принимая за a и b размеры этого провода в поперечном сечении. Индуктивность одиночного витка диаметром D из провода круглого сечения диаметром d определяют по графику на рис. 1-5.

Взаимоиндуктивность

При расчете контуров РЭА бывает необходимо определить взаимоиндуктивность между катушками, чтобы вычислить коэффициент связи k между ними:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}, \qquad (1\text{-}14)$$

где M — взаимоиндуктивность; L_1, L_2 — индуктивности связанных катушек.

Если витки обеих катушек намотаны с одинаковой плотностью, т. е. соблюдаются соотношения $w_1/a_1 = w_2/a_2$; $w_1/b_1 = w_2/b_2$ и при этом катушки расположены вплотную друг к другу (рис. 1-6, *а—в*), то их взаимоиндуктивность можно определить по формуле

$$M = (L_{12} - L_1 - L_2)/2, \qquad (1\text{-}15)$$

где L_{12} — индуктивность катушки, содержащей $w_1 + w_2$ витков в габаритах $a_1 + a_2$ и $b_1 + b_2$ соответственно.

Рис. 1-6.

Если же между катушками имеется зазор (рис. 1-6, *г—е*), то их взаимоиндуктивность можно определить следующим способом. Принимают условно, что зазор заполнен витками с такой же плотностью намотки, как у катушек с индуктивностями L_1 и L_2. Обозначив L_0 индуктивность фиктивной катушки, имеющей

длину a_0 и толщину намотки b_0, взаимоиндуктивность между L_1 и L_2 можно определить по формуле

$$M=(L_{102}+L_0-L_{10}-L_{02})/2, \qquad (1\text{-}16)$$

где L_{102}, L_{10}, L_{02} — индуктивности, образуемые соответственно катушками с индуктивностями L_1, L_0 и L_2; L_1 и L_0; L_0 и L_2.

Индуктивности «составных» и «фиктивных» катушек, а также индуктивности L_1 и L_2 можно определить по формулам (1-5), (1-8) и (1-9).

Если $w_1/a_1 \neq w_2a_2$ или $w_1/b_1 \neq w_2b_2$, то сначала нужно вычислить взаимоиндуктивность, приняв эти отношения равными единице, а затем полученный результат умножить на w_1w_2/a_1a_2 или w_1w_2/b_1b_2 соответственно.

1-2. РЕЗОНАТОРЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНА ДМВ

Конструкции резонаторов

Обычные конструкции резонансных контуров с сосредоточенными постоянными (индуктивности в катушках, емкости в конденсаторах) неприменимы в диапазонах ДМВ и СМВ по следующим причинам. С уменьшением длины волны индуктивности уменьшаются, и уже в диапазоне метровых волн размеры кату-

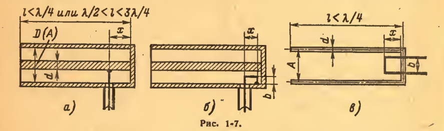


Рис. 1-7.

шек настолько малы, что становится затруднительным их физическое воплощение, а главное — резко уменьшаются добротность и эквивалентное сопротивление контура.

Эти недостатки преодолевают в аппаратуре диапазона ДМВ и СМВ, используя явление резонанса в системах с отрезками двухпроводных линий. Короткозамкнутый на одном конце отрезок коаксиальной линии, т. е. линии, образуемой двумя проводниками, один из которых расположен на оси другого, полого (рис. 1-7, *а*, *б*), или симметричной линии, состоящей из двух параллельных проводников одинакового сечения (рис. 1-7, *в*), представляет собой со стороны другого, разомкнутого конца индуктивное сопротивление для электрических колебаний, если соответствующая им длина волны находится в определенном соотношении с длиной отрезка. Подключив к разомкнутому концу отрезка сосредоточенную емкость, получим электрическую колебательную цепь — р е з о н а т о р. Условием резонанса, как и в колебательном контуре с сосредоточенными постоянными, является равенство реактивных сопротивлений этой емкости и отрезка линии.

Коаксиальный резонатор (рис. 1-7, *а*, *б*). В диапазоне волн $\lambda > 30$ см применяют отрезки линий длиной $l < \lambda/4$, носящие название четвертьволновых укороченных; для волн короче 30 см длина отрезка определяется выражением $\lambda/2 < l < 3\lambda/4$. Внутренний проводник может быть трубчатым или сплошным.

Резонаторы такой конструкции используют в генераторах диапазонов ДМВ и СМВ на электровакуумных триодах с дисковыми выводами электродов, включая их по схеме с общей сеткой. Внутренний проводник резонатора *2* (рис. 1-8, *а*), находящийся под положительным потенциалом анода, должен быть изолирован

от внешнего заземляемого цилиндра *1*. Внутренний проводник заканчивается фланцем *4* (отделенным от дна внешнего цилиндра тонкой изоляционной прокладкой (например, из слюды); получается конденсатор с весьма малым сопротивлением для переменных токов, через который внешний и внутренний проводники практически замкнуты между собой накоротко. В то же время они изолированы друг от друга по постоянному току.

Сосредоточенная емкость резонатора лампового генератора образуется междуэлектродной емкостью триода и подстроечным конденсатором *3*, с помощью которого устанавливают частоту генератора.

Полосковый резонатор отличается от коаксиального тем, что внутренний и внешний (экранирующий) проводники — плоские, имеют прямоугольное сечение.

В приемной аппаратуре диапазона ДМВ, в частности в качестве контуров селекторов каналов телевизионных приемников, применяют резонаторы в виде отрезков экранированной линии длиной $l < \lambda/4$ с внешними проводниками прямоугольного сечения и внутренними — круглого сечения.

Резонатор с симметричной (открытой) линией из двух проводников одинакового сечения (рис. 1-7, *в*) длиной $l = \lambda/4$ применяют иногда в ламповых генераторах передатчиков диапазона волн $\lambda > 60$ см; при $\lambda < 60$ см добротность подобного резонатора неудовлетворительна. Возможные конструктивные варианты таких генераторов с отрезком линии *7* схематически показаны на рис. 1-8, *б*, *в*. Конденсатор установки частоты *3* включают параллельно емкости лампы либо последовательно с ней. Этот конденсатор можно включать на некотором расстоянии от разомкнутого конца линии.

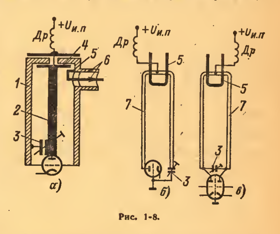


Рис. 1-8.

Способы связи с резонаторами и между резонаторами. Связь резонатора с другими контурами (цепями) с целью ввода в него сигнала или отбора из него энергии в нагрузку может быть кондуктивной: в случае коаксиального или полоскового резонатора и коаксиального кабеля внутреннюю его жилу соединяют с внутренним проводником резонатора, а внешний проводник кабеля — с внешним проводником резонатора (рис. 1-7, *а*). В этом случае при увеличении расстояния между местом подключения кабеля и короткозамкнутым концом резонатора связь увеличивается.

Связь можно осуществить и индуктивным способом — с помощью витка (петли) связи *5*, расположенного у короткозамкнутого конца резонатора (рис. 1-8). В случае коаксиального (рис. 1-8, *а*) или полоскового резонатора виток связи является продолжением внутренней жилы коаксиального кабеля *6*. Изменением связи можно осуществлять согласование резонатора с кабелем или иной нагрузкой и тем самым обеспечивать передачу энергии в резонатор или из резонатора с наименьшими потерями. Следовательно, резонатор может служить трансформатором сопротивления.

В триодном генераторе изменением связи устанавливают такое эквивалентное сопротивление резонатора, при котором получается наибольшая колебательная мощность.

Два резонатора с внешними проводниками прямоугольного сечения при наличии у них общей стенки могут быть связаны между собой с помощью щели

в этой стенке. В этом случае связь осуществляется за счет обмена энергии магнитных полей резонаторов. При увеличении размеров щели связь увеличивается.

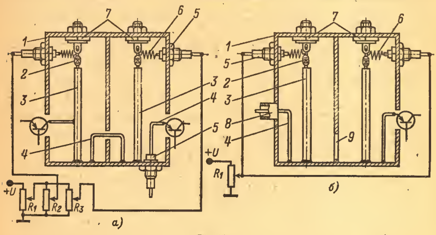


Рис. 1-9.

Четвертьволновые укороченные резонаторы в приемных устройствах. В приемных устройствах диапазона ДМВ, в частности в селекторах частотных каналов телевизоров, применяют полосовые фильтры, составленные из резонаторов. В гетеродинах селекторов также используют резонаторы. Настройку резонаторов в современных устройствах осуществляют варикапами (см. § 12-12). На рис. 1-9 приведены эскизы возможных конструктивных вариантов полосовых фильтров, образуемых двумя резонаторами, и электрическая схема управления емкостями переходов варикапов (на рис. 1-9, *б* — входной, а на рис. 1-9, *а* — междукаскадный полосовой фильтр). Здесь: *1* — корпусы (внешние проводники) резонаторов; *2* — варикапы КВ109; *3* — внутренние проводники резонаторов; *4* — витки связи; *5* — проходные керамические конденсаторы КТП; *6* — дроссели бескаркасные (можно заменить резисторами МЛТ-0,25 по 47—68 кОм); *7* — опорные керамические конденсаторы КДО; *8* — коаксиальный ввод от антенны; *9* — щель связи.

Рис. 1-10.

Настройка резонаторов на требуемую частоту осуществляется переменным резистором R_1, с помощью которого изменяют напряжение обратного смещения на варикапах. Подстроечные резисторы R_2 и R_3 используют для уста-

новки начальной частоты настройки каждого из резонаторов при налаживании приемного устройства.

Полуволновые укороченные резонаторы в приемных устройствах. В приемных устройствах диапазона ДМВ применяют также резонаторы в виде отрезков двухпроводных линий, разомкнутых с обоих концов. При этом длины их внутренних проводников определяются выражением $l < \lambda/2$. Такие резонаторы носят название полуволновых укороченных. При указанном соотношении длины волны и геометрической длины резонатора он эквивалентен индуктивности с обоих концов. Между одним из концов внутреннего проводника укороченного полуволнового резонатора и внешним проводником включают подстроечный (или постоянный) конденсатор *1* (рис. 1-10), изменением емкости которого настраивают резонатор в процессе налаживания приемного устройства. Другой конец внутреннего проводника соединяют с внешним проводником через варикап *2*. Изменяя напряжение смещения на его *p-n* переходе с помощью переменного резистора R_1, настраивают резонаторы на требуемую частоту в процессе эксплуатации. Управляющее напряжение поступает на аноды варикапов через постоянные резисторы *8* (МЛТ-0,25 по 47—68 кОм).

Основные параметры резонаторов

Рабочая длина волны λ или *частота* f (либо диапазон волн, частот) задается при расчете резонатора.

Волновое сопротивление $z_в$ отрезка линии, образующего резонатор, зависит от геометрических размеров линии в ее поперечном сечении; $z_в$ резонаторов различных конструкций может быть определено по графикам на рис. 1-11—1-14. *Добротность* Q, эквивалентное резонансное сопротивление R_{oe} и полоса пропу-

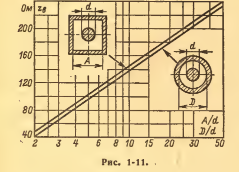


Рис. 1-11.

Рис. 1-12.

скания $2\Delta f$ резонатора, как и однономинные параметры контура с сосредоточенными постоянными, взаимосвязаны.

Поскольку собственные потери в экранированном резонаторе невелики и, следовательно, он обладает высокой добротностью, в большинстве случаев можно считать, что Q, R_{oe} и $2\Delta f$ такого резонатора определяются потерями, вносимыми в него извне полупроводниковым прибором, электронной лампой и т. п.

В практике конструирования генераторов диапазона ДМВ на электровакуумных триодах наиболее распространены отрезки коаксиальных линий с $z_в = 20 \div 60$ Ом и диаметром среднего проводника $d = 0{,}02—0{,}1\ \lambda$, так как при этих параметрах получается наиболее высокая собственная добротность резонатора.

Повышению добротности резонатора способствует полировка его поверхностей, по которым текут токи СВЧ, с последующим гальваническим серебре-

нием этих поверхностей и вторичной полировкой до зеркального блеска (внешнюю поверхность экранированного резонатора серебрить и полировать не нужно, т. к. токи СВЧ по ней не протекают). При полировке вдоль линии получается несколько лучшая добротность. С этой точки зрения полировка элементов коаксиального резонатора с применением вращательного движения нежелательна.

Если резонатор изготавливают из стали, то его поверхность нужно до серебрения омеднить и полировать как до серебрения, так и после него.

Резонаторы приемных устройств диапазона ДМВ должны быть широкополосными, т. е. обладать относительно малой добротностью. В связи с этим средние проводники таких резонаторов обычно выполняют из провода диаметром до 2 мм и принимают $A/d = 12 \div 20$. Производить отделку поверхностей широкополос-

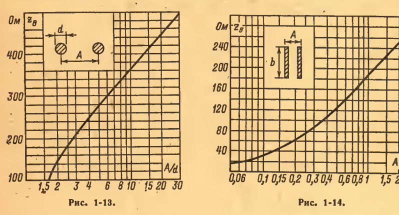


Рис. 1-13. Рис. 1-14.

ных резонаторов не нужно (о применении полуволновых резонаторов в селекторах телевизионных каналов см. § 3-2).

Коэффициент трансформации n. Для резонатора с высокой добротностью

$$n = \sqrt{R_{oe}/z_н}, \qquad (1\text{-}17)$$

где $z_н$ — полное сопротивление нагрузки.

Если связь с экранированным резонатором для ввода или вывода энергии осуществляется коаксиальным кабелем, то $z_н$ представляет собой волновое сопротивление кабеля.

Расчет резонаторов

Диаметр внешнего проводника коаксиального резонатора для генератора на электровакуумном триоде с дисковыми или кольцевыми выводами выбирают с учетом удобства его механического сочленения и кратчайшего электрического соединения с выводом сетки лампы. Диаметр внутреннего проводника должен соответствовать диаметру анодного или катодного вывода лампы.

В генераторе на лампе со штырьками или с гибкими выводами можно применить резонатор в виде отрезка симметричной двухпроводной линии по возможности с большим поперечным сечением проводников и меньшим расстоянием между ними.

Широкополосный резонатор приемного устройства обычно делают экранированным, прямоугольного сечения. Такой резонатор конструктивно удобно расположить внутри шасси приемного устройства, используя в качестве внешнего проводника резонатора 2—3 стенки монтажного шасси.

Расчет четвертьволнового резонатора производят в следующем порядке.

1. Выбрав конструкцию и размеры поперечного сечения резонатора, определяют его волновое сопротивление $z_в$ по соответствующему графику (рис. 1-11—1-14).

2. По заданной длине волны λ (или частоте f), принимая $l < \lambda/6$, с помощью графика на рис. 1-15 определяют произведение $Cz_в$ и, разделив его на $z_в$, находят требуемую резонансную емкость C. Если по расчету C получается чрезмерно большой, то нужно задаться большей длиной l.

3. Емкость подстроечного конденсатора, включенного между проводниками линии в генераторе по схеме рис. 1-8, *а, в*, определяют как разность между расчетной и междуэлектродной емкостью лампы. В случае схемы по рис. 1-8, *б* резонансная емкость определяется последовательным соединением междуэлектродной емкости лампы и подстроечного конденсатора.

4. Подстроечный конденсатор может быть выполнен конструктивно в виде неподвижного медного или латунного диска, припаянного к концу одного из проводников резонатора (в коаксиальном резонаторе к внутреннему проводнику), и второго такого же диска, который можно приближать к первому диску или удалять от него с помощью винта. Если диаметр каждого диска D, то требуемая емкость C получается при расстоянии t между дисками, определяемом по формуле

$$t = 0{,}07D^2/C. \quad (1\text{-}18)$$

Рис. 1-15.

Гайку (резьбу), в которой вращается регулировочный винт конденсатора, в зависимости от конструкции резонатора крепят (нарезают) на другом его проводнике или на заземлением шасси.

5. При расчете кондуктивной связи, определив по формуле (1-17) коэффициент трансформации n, вычисляют расстояние a от короткозамкнутого конца линии до места подключения кабеля (нагрузки) по формуле

$$a = l/n. \quad (1\text{-}19)$$

6. Точный расчет индуктивной связи с резонатором практически невозможен. В экранированном резонаторе (рис. 1-7, *б*) обычно размер витка связи b составляет 0,4—0,7 зазора между внутренним и внешним проводниками, а в случае симметричного резонатора (рис. 1-7, *в*) размер b выбирают в пределах 0,6—0,9 расстояния между проводниками A. Длина витка связи a составляет 0,1—0,2 длины резонатора l. Виток связи можно сделать прямоугольным, круглым или полукруглым.

Связь подбирают практически, поворачивая виток внутри экранированного резонатора, удаляя либо приближая виток связи к короткозамкнутому концу симметричного резонатора. Критерием оптимальной связи с резонатором генератора является наибольшая отдаваемая мощность в нагрузку, а в случае приемного устройства — наилучшая его чувствительность и требуемая полоса пропускания. Если изменением положения витка не удается добиться оптимальной связи, нужно изменить размеры витка.

Пример. Рассчитать четвертьволновый укороченный резонатор, настраиваемый на любой из телевизионных каналов диапазона ДМВ (частоты 470—620 МГц).

Выбираем конструкцию экранированного резонатора квадратного сечения $A \times A = 20 \times 20$ мм. Его корпус легко изготовить из листовой латуни или меди толщиной 0,5—0,8 мм. Выбираем диаметр внутреннего проводника $d =$ $= 1{,}4$ мм и длину его, в 12 раз короче наиболее короткой волны заданного диапазона, т. е. $l = 4$ см $= 40$ мм. При этом $A/d = 14$, и согласно графику на рис. 1-11 резонатор будет иметь волновое сопротивление $z_в = 160$ Ом.

Согласно графику на рис. 1-15 при $l = 4$ см для частоты 620 МГц имеем $Cz_в = 440$ и для частоты 470 МГц $Cz_в = 800$. Следовательно, для настройки на частоту 620 МГц нужно иметь на разомкнутом конце резонатора сосредоточенную емкость $C_{мин} = 440 : 160 \approx 2{,}7$ пФ и для настройки на частоту 470 МГц емкость $C_{макс} = 5$ пФ. Исходя из вычисленных емкостей, определяют необходимые пределы изменения управляющего напряжения смещения варикапа.

Для расчета полуволнового укороченного резонатора можно пользоваться изложенной методикой, считая, что он состоит из двух укороченных четвертьволновых резонаторов, т. е. расчетное значение l будет в 2 раза меньше полной длины среднего проводника резонатора.

Если настройка резонатора должна в эксплуатации изменяться, то расчет ведется для средней частоты заданного диапазона перестройки. При этом емкость нижнего отрезка линии, определяемая суммой выходной емкости транзистора и установленной емкости подстроечного конденсатора, должна быть равна средней емкости варикапа, которая определяется соответствующим напряжением смещения на его *p-n* переходе. После изготовления резонатора сопряжение контуров на границах диапазона перестройки осуществляют подстроечными конденсаторами. Сопротивления резисторов некритичны, их можно выбрать в пределах 33—68 кОм.

РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫЙ ПРИЕМ

РАЗДЕЛ 2

СОДЕРЖАНИЕ

2-1. ПАРАМЕТРЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Радиовещательиые приемиики по требоваииям, предъявляемым к их параметрам, делят иа классы: высший, I, II, III и IV (ГОСТ 5651-64). За исключением выходиой мощиости и частичио допустимых искажеиий сигиала при воспроизведеиии качествеиные показатели приемиков определяются характеристиками их ВЧ трактов. Поэтому с учетом общиости параметров низкочастотиых трактов приемников, телевизоров и бытовых электрофонов в табл. 2-1 приведеиы требоваиия к осиовиым параметрам только высокочастотиых трактов приемииков различиых классов. Способы измерения параметров ВЧ трактов регламеитируются ГОСТ 9783-71.

Таблица 2-1

Параметры высокочастотных трактов радиовещательных приемников

Параметры			Нормы ГОСТ-5651 по классам: Высший	I	II	III	IV
Диапазоны принимаемых частот (волн)[1]		ДВ, кГц (м)	150,0—408,0			(2000,0—735,3)	
		СВ, кГц (м)	525,0—1605,0			(571,4—186,9)	
		КВ, МГц (м)	3,95—12,10			(75,9—24,8)	
		УКВ, МГц (м)	65,8—73,0			(4,56—4,11)	
Промежуточная частота для диапазонов		ДВ, СВ и КВ, кГц	465 ± 2				
		УКВ[1], МГц	6,5 ± 0,1		6,8 ± 0,1	10,7 ± 0,1	
Чувствительность при отношении напряжения полезного сигнала к напряжению шумов на выходе не менее 20 дБ в диапазонах ДВ, СВ, КВ и 26 дБ в диапазоне УКВ	Со входа от внешней антенны, мкВ, не хуже	ДВ и СВ	50	150		200	300
		КВ	50	200		—	—
		УКВ[2]	5	10	20	30	—
	С внутренней магнитной антенной (для переносных приемников), мВ/м, не хуже	ДВ	—	1,0	2,0	2,5	3,0
		СВ	—	0,7	1,0	1,5	2,0
Эффективность встроенной УКВ антенны, дБ, не хуже			—15	—20		—	—
Селективность по соседнему каналу в диапазонах ДВ и СВ, дБ, не менее			60	46	34	26	20
Усредненная крутизна ската резонансной характеристики в диапазоне УКВ в интервале ослабления от 6 до 26 дБ, дБ/кГц, не менее			0,25	0,20	0,17	0,15	—
Ширина полосы пропускания тракта УКВ, кГц			120—160	120—180		—	—

Продолжение табл. 2-1

<table>
<tr><th colspan="3" rowspan="2">Параметры</th><th colspan="5">Нормы ГОСТ-5651 по классам</th></tr>
<tr><th>Высший</th><th>I</th><th>II</th><th>III</th><th>IV</th></tr>
<tr><td rowspan="4">Ослабление сигнала по зеркальному каналу, дБ, не менее</td><td colspan="2">ДВ</td><td>60</td><td>46</td><td>40</td><td>26[3]</td><td>20[4]</td></tr>
<tr><td colspan="2">СВ</td><td>50</td><td colspan="2">26</td><td>20</td><td>20</td></tr>
<tr><td colspan="2">КВ</td><td>26</td><td>14</td><td>12</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="2">УКВ</td><td>30</td><td colspan="2">22</td><td>20</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Уход частоты гетеродина от самопрогрева (от измеренной через 5 мин после включения приемника), кГц, не более</td><td colspan="2">В течение первого часа на частотах 65,8—73,0 МГц</td><td>20</td><td colspan="3">50</td><td>—</td></tr>
<tr><td rowspan="2">В течение 15 мин на частотах</td><td>6—9 МГц</td><td>2</td><td colspan="2">4</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td>9—12 МГц</td><td>3</td><td colspan="2">6</td><td>—</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">Излучение гетеродина в диапазоне УКВ (на расстоянии 3 м), мкВ/м, не более</td><td colspan="4">150</td><td>—</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ослабление сигнала с частотой, равной промежуточной (для приемников с питанием от сети), дБ, не менее</td><td>40</td><td>34</td><td>30</td><td>26</td><td>26</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Действие АРУ в диапазонах ДВ, СВ и КВ</td><td colspan="2">Изменение напряжения на входе приемника, дБ</td><td>60</td><td>40</td><td colspan="3">26</td></tr>
<tr><td colspan="2">Соответствующее изменение напряжения на выходе приемника, дБ, не более</td><td>8</td><td>12</td><td>10</td><td colspan="2">12</td></tr>
</table>

[1] Диапазон КВ в приемниках классов III и IV и диапазон УКВ в приемниках класса IV ГОСТ не предусматривает.
[2] При входном сопротивлении 300 Ом.
[3] Для приемников с автономным питанием ГОСТ допускает 20 дБ.
[4] Для приемников с автономным питанием ГОСТ допускает 16 дБ.

Ввиду отсутствия у большинства радиолюбителей необходимого комплекта измерительных приборов, эти способы приведены ниже с некоторыми упрощениями, не приводящими к существенным ошибкам в определении основных параметров.

Чувствительность РВ приемника. При приеме на внешнюю антенну чувствительность приемника характеризуется минимальным ВЧ напряжением на его входе (мкВ, мВ), а при приеме на встроенную антенну — минимальной напряженностью электромагнитного поля радиостанции в месте приема (мкВ/м, мВ/м), при которых получается стандартная выходная мощность при заданных параметрах принимаемого сигнала и допустимом отношении сигнал/шум.

Таблица 2-2

Стандартные частоты для проверки параметров РВ приемников

Диапазон 0,15—30 МГц			Диапазон 66—73 МГц		
21 частота	11 частот	3 частоты	5 частот	3 частоты	1 частота
160 кГц	160 кГц		66 МГц	66 МГц	
200 кГц					
250 кГц	250 кГц	250 кГц	67 МГц		
315 кГц					
400 кГц	400 кГц		69 МГц	69 МГц	69 МГц
560 кГц	560 кГц		71 МГц		
630 кГц					
800 кГц			73 МГц	73 МГц	
1,0 МГц	1,0 МГц	1,0 МГц			
1,25 МГц					
1,4 МГц	1,4 МГц				
1,6 МГц					
4,0 МГц	4,0 МГц				
6,1 МГц					
7,2 МГц	7,2 МГц	7,2 МГц			
9,6 МГц					
11,8 МГц	11,8 МГц				
15,3 МГц					
17,8 МГц	17,8 МГц				
21,6 МГц					
25,8 МГц	25,8 МГц				

Способ измерения. Реальную чувствительность обычно измеряют на стандартных частотах, которые разделены на группы в зависимости от количества измеряемых точек в каждом диапазоне принимаемых частот. Эти частоты для диапазонов ДВ, СВ, КВ и УКВ приведены в табл. 2-2. Генератор сигналов через необходимый эквивалент антенны (табл. 2-3) соединяют со входом приемника для определения чувствительности по напряжению или со стандартной рамкой (рис. 2-1) для определения чувствительности по полю; устанавливают по шкале генератора сигналов необходимую частоту и включают модуляцию (амплитудную или частотную). К выходу приемника подсоединяют вольтметр переменного тока (желательно через полосовой фильтр, пропускающий только частоту модуляции). Регулятор громкости приемника устанавливают в положение наибольшей громкости и настраивают приемник на частоту генератора сигналов по максимуму сигнала на выходе, на середину полосы пропускания или по

мнннмуму искажений. Регуляторы тембра н полосы пропускання должны находиться в положении, соответствующем широкой полосе пропускання. Изменяя уровень сигнала от генератора сигналов, добиваются на выходе прнемника напряжения, соответствующего стандартной выходной мощности. После получения стандартной мощностн выключают модуляцию генератора снгналов н определяют уровень шума на выходе прнемннка. Если заданное отношенне сигнал/шум не выполняется, подбирают такое положенне регулятора громкостн прнемннка и такой уровень сигнала от генератора сигналов, прн которых обеспечиваются стандартная выходная мощность и заданиое отношение снгнал/шум.

Таблица 2-3

Эквнваленты антенн

Вид эквивалента антенны	Диапазон КВ (АМ)	Диапазон УКВ (ЧМ)
ЭАВ 1/1	1, R_1 80−$R_Г$, C_1 4,8 пФ, 4; 3, 5	1, R_1 59, 6, R_2 16, L_1 0,34 мкГ, C_1 5,8 пФ, 4; 3, 5
ЭАВ 2/1	1, R_1 80−$R_Г$, C_1 6,1 пФ, 4; 3, 5	1, R_1 50, 6, R_2 25, L_1 0,5 мкГ, C_1 6,0 пФ, 4; 2, 5
ЭАВ 3/1	1, R_1 80−$R_Г$, C_1 6,8 пФ, 4; 3, 5	1, R_1 28, 6, R_2 47, L_1 0,78 мкГ, C_1 5,4 пФ, 4; 3, 5
ЭАВ 1/2	1, R_1 160−$R_Г$; 2, R_2 160−$R_Г$; C_1 4,8 пФ, 4; 3, 5	1, R_1 25; 2, R_2 25; 3; R_3 84, 6, R_4 16, L_1 0,34 мкГ, C_1 5,8 пФ, 4; 5

Продолжение табл. 2-3

Вид эквивалента антенны	Диапазон КВ (АМ)	Диапазон УКВ (ЧМ)
ЭАВ 2/2	1, 2, 3, 4, 5; R_1 160−$R_Г$; R_2 160−$R_Г$; C_1 6,1 пФ	1, 2, 3, 4, 5, 6; R_1 25; R_2 25; R_3 75; R_4 25; L_1 0,5 мкГ; C_1 6,0 пФ
ЭАВ 3/2	1, 2, 3, 4, 5; R_1 160−$R_Г$; R_2 160−$R_Г$; C_1 6,8 пФ	1, 2, 3, 4, 5, 6; R_1 25; R_2 25; R_3 53; R_4 47; L_1 0,78 мкГ; C_1 5,4 пФ

При измерении максимальной чувствительности регулятор громкости ставят в положение, соответствующее наибольшей громкости, а регуляторы тембра и полосы — в положения, соответствующие самой узкой полосе пропускания. Изменением уровня сигнала от генератора сигналов добиваются на выходе приемника напряжения, соответствующего стандартной выходной мощности, при этом соотношение сигнал/шум на выходе приемника при выключенной модуляции генератора сигналов может отличаться от заданного.

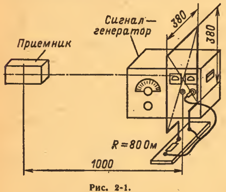


Рис. 2-1.

Измерения чувствительности производят при следующих условиях: глубина модуляции несущей частоты генератора сигналов $m=$ $=0{,}3$ (в случае ЧМ $m=0{,}3$ соответствует девиации частоты 15 кГц при пиковой девиации 50 кГц); частота модуляции $F=1000$ Гц; стандартная выходная мощность 50 мВ·А для приемников с номинальной выходной мощностью $P_{вых} \geqslant 150$ мВ·А и 5 мВ·А для приемников с $P_{вых} < 150$ мВ·А; отношение сигнал/шум составляет 20 дБ для АМ и 26 дБ для ЧМ сигналов.

Селективность РВ приемника — совокупность параметров, характеризующих его способность ослаблять мешающее действие сигналов в различных дополнительных (побочных) каналах приема. Параметры селективности современных супергетеродинных РВ приемников разделяются на три группы: параметры, обусловленные недостаточной селективностью в тракте промежуточной частоты —

селективность по соседнему каналу; параметры, обусловленные взаимодействием сильной помехи и полезного сигнала — перекрестные искажения, коэффициент забития, интерференция между несколькими сигналами; параметры, обусловленные супергетеродинным способом приема — ослабление сигналов, равных промежуточной частоте, зеркальному и другим дополнительным каналам приема.

Селективность РВ приемников при малых уровнях подводимых сигналов, т. е. в пределах линейной части амплитудной характеристики, можно с достаточной точностью измерить односигнальным способом, наиболее часто применяемом в радиолюбительской практике. При этом способе схема измерения не отличается от схемы измерения чувствительности. Сначала генератор сигналов настраивают на частоту основного канала приема по максимуму показаний измерителя выходного напряжения, затем изменением выходного уровня генератора сигналов и положения регулятора громкости РВ приемника устанавливают его номинальную чувствительность. Заметив уровень выходного сигнала, настраивают генератор сигналов на частоту соседнего, зеркального или других дополнительных каналов приема и увеличивают его выходное напряжение до значения, при котором на выходе приемника получится прежнее значение уровня выходного сигнала.

Для измерения реальной селективности применяют двухсигнальный способ, при котором необходимы два генератора сигналов. При этом способе ко входу РВ приемника или рамке генератора поля через соответствующий эквивалент антенны подсоединяют оба генератора сигналов. С помощью одного из них (при выключенном втором) устанавливают номинальную чувствительность приемника на основном канале приема и выключают модуляцию, а затем, настроив второй генератор сигналов на частоту соседнего, зеркального или иного дополнительного канала приема, увеличивают его выходное напряжение (при включенной модуляции) до появления выходного уровня сигнала, меньшего на 20 дБ (в 10 раз), чем при измерении чувствительности.

При обоих способах измерения производят на частотах сигнала 250 кГц, 1,0 и 7,2 МГц (на трех частотах — табл. 2-2) для АМ и на 69 МГц для ЧМ; параметрах модуляции как при измерении чувствительности и расстройке для частот соседнего канала приема 9 кГц для АМ и 180 кГц для ЧМ. Отношение чувствительности по дополнительным каналам приема к чувствительности на частоте основного канала приема дает значение селективности РВ приемника по соответствующему дополнительному каналу приема.

Ширина полосы пропускания ВЧ части тракта при приеме АМ сигналов — интервал частот, на границах которого чувствительность ухудшается в 2 раза (на 6 дБ) по сравнению с резонансной.

Способ измерения. Измеряют чувствительность приемника при настройке на частоту генератора сигналов и, не изменяя настройки приемника и установки регуляторов громкости и тембра, увеличивают выходное напряжение генератора сигналов в 2 раза. После этого изменяют частоту генератора сигналов в обе стороны от резонансной до тех пор, пока измеритель выходного напряжения не покажет прежнее выходное напряжение. Разность частот расстройки равна полосе пропускания.

Диапазон принимаемых частот — область частот, на которые может быть настроен приемник.

Способ измерения. На вход приемника подают напряжение от гетеродинного волномера. Указатель настройки приемника располагают в крайних точках шкалы, после чего волномер настраивают по максимуму выходного напряжения. Соответствующую граничную частоту отсчитывают по шкале волномера. Границы диапазонов частот, соответствующие ГОСТ и Радиорегламенту, приведены в табл. 2-4.

Относительная погрешность градуировки шкалы — погрешность градуировки шкалы, отнесенная к соответствующей частоте сигнала.

Способ измерения. На вход приемника подают напряжение от гетеродинного волномера. Указатель настройки приемника устанавливают на оцифрованную

точку шкалы. Гетеродинный волномер настраивают по индикатору настройки или по максимальному выходному напряжению приемника. Разность частот на шкалах приемника и волномера, отнесенная к частоте сигнала, дает процентную погрешность градуировки. Измерения производят не менее чем для двух точек каждого поддиапазона, причем крайние точки должны отстоять от концов шкалы на 10—20% ширины поддиапазона.

Таблица 2-4

Границы диапазонов частот, отведенных Международным союзом электросвязи для радиовещания

Сокращенное название диапазона	Диапазон частот, МГц	Средняя измерительная частота, МГц
ДВ	0,150—0,285	0,2
СВ	0,525—1,605	1,0
75 м	2,300—2,498 3,200—3,400 3,950—4,000 4,750—4,995 5,005—5,060	2,400 3,300 3,975 4,900 5,030

Сокращенное название диапазона	Диапазон частот, МГц	Средняя измерительная частота, МГц
КВ 49 м	5,950—6,200	6,100
КВ 41 м	7,100—7,300	7,200
КВ 31 м	9,500—9,775	9,600
КВ 25 м	11,700—11,975	11,800
КВ 19 м	15,100—15,450	15,300
КВ 16 м	17,700—17,900	17,800
КВ 13 м	21,450—21,750	21,600
КВ 11 м	25,600—26,100	25,800
УКВ	87,5—108,0	94

Уход частоты гетеродина от самопрогрева — изменение частоты гетеродина приемника вследствие нагревания его деталей.

Способ измерения. Гетеродинный волномер слабо связывают с гетеродином приемника. Приемник настраивают на высшую частоту каждого поддиапазона. Через 5 мин после включения приемника волномер настраивают на частоту гетеродина по нулевым биениям и производят отсчет частоты по его шкале. То же повторяют через 15 мин. Разность результатов двух измерений дает значение ухода частоты гетеродина.

Кривая верности воспроизведения приемника — зависимость звукового давления от частоты модуляции при постоянных значениях частоты, напряжения и глубины модуляции ВЧ сигнала на входе приемника.

Способ измерения. В силу больших трудностей, связанных с непосредственным измерением звукового давления в радиолюбительских условиях, кривую верности воспроизведения обычно получают косвенным путем: снятием кривой верности воспроизведения по выходному напряжению и последующим перемножением ее ординат на ординаты кривой воспроизведения громкоговорителя. Генератор сигналов соединяют с приемником так же, как и при измерении чувствительности, устанавливают выходное напряжение генератора сигналов равным 1 мВ, а глубину модуляции от внешнего звукового генератора равной 30%.

Регулятором громкости приемника устанавливают напряжение на его выходе, соответствующее стандартной выходной мощности. Регуляторы тембра и полосы пропускания устанавливают в положение, соответствующее наиболее широкой полосе пропускания, изменяя частоту звукового генератора и поддерживая неизменным коэффициент модуляции (или девиацию частоты при ЧМ), снимают зависимость выходного напряжения от частоты модуляции, измерения производят на частотах 200 кГц, 1 МГц (АМ) и 69 МГц (ЧМ).

Усредненная крутизна ската резонансной характеристики характеризует степень приближения характеристики селективности приемника к прямоугольной.

Способ измерения. От генератора сигналов ЧМ на вход приемника подают сигнал как при измерении чувствительности. При этом АПЧ выключают, а регуляторы тембра устанавливают в положение, соответствующее узкой полосе пропускания. Регулятором громкости устанавливают выходное напряжение, соответствующее стандартной выходной мощности. К конденсатору дробного детектора (или к ограничителю) подключают высокоомный вольтметр постоянного тока.

При номинальной чувствительности выключают модуляцию генератора сигналов, увеличивают его напряжение в 2 раза и, расстраивая генератор сигналов в обе стороны от частоты точной настройки, фиксируют частоты f_1 и f_1', при которых вольтметр показывает напряжение, равное его показаниям при точной настройке. Затем выходное напряжение генератора сигналов увеличивают в 20 раз и фиксируют частоты f_2 и f_2' аналогичным способом. Усредненную крутизну скатов S [дБ/кГц] определяют для каждой ветви резонансной кривой по формулам

$$S=\frac{20}{f_2-f_1};\quad S'=\frac{20}{f_2'-f_1'},$$

где f — в килогерцах.

Параметры АПЧ. Коэффициент АПЧ — величина, характеризующая, во сколько раз изменение частоты настройки при выключенной АПЧ больше, чем при включенной, при одном и том же угле поворота ручки настройки РВ приемника или изменении частоты генератора сигналов; полоса захвата АПЧ — полоса, ограниченная частотами, при подходе к которым извне срабатывает система АПЧ; полоса удерживания АПЧ — полоса частот, в пределах которой АПЧ вызывает изменение частоты настройки приемника, соответствующее изменению частоты входного сигнала.

Способ измерения. Измерения проводят на трех частотах всех поддиапазонов, в которых действует АПЧ, при входном уровне в 3 раза большем номинальной чувствительности, без модуляции.

Гетеродинным волномером или частотомером, слабо связанным с последним каскадом УПЧ, измеряют значение ПЧ при точной настройке приемника на частоту генератора сигналов. Включают АПЧ и расстраивают генератор сигналов в обе стороны на 50—75 кГц при ЧМ и на 5—7 кГц при АМ, определяя соответствующие этим расстройкам значения ПЧ. Коэффициентом АПЧ будет наименьшее из отношений, вычисленное по формуле

$$K_{\text{АПЧ}}=\frac{|f_c-f_c'|}{|f_{\text{ПЧ}}-f_{\text{ПЧ}}'|}.$$

Полосу захвата измеряют, подводя частоту генератора сигналов к частоте настройки приемника по шкале поочередно с обеих сторон после предварительной значительной расстройки (150—200 кГц для ЧМ и 15—20 кГц для АМ). Фиксируя частоты, на которых происходит захват АПЧ (по индикатору настройки или вольтметру постоянного тока, подключенному к выходу ЧМ детектора), определяют ширину полосы захвата АПЧ. Результатом измерения является ширина полосы частот, ограниченная частотами входного сигнала, при которых сработала система АПЧ.

Полосу удержания измеряют таким же способом, но производят расстройку генератора сигналов поочередно в обе стороны от точной настройки, фиксируя частоты, при которых происходит срыв АПЧ. Результатом измерения является ширина полосы частот, ограниченная частотами, на которых нарушилась работа системы АПЧ.

Излучение гетеродина в диапазоне УКВ характеризует интенсивность помех близко расположенным приемникам (телевизорам) от излучаемой в антенну мощности с частотой гетеродина.

Способ измерения. Вследствие больших трудностей измерения напряженности поля, создаваемого гетеродином, этот параметр приемника обычно определяют косвенным путем: измеряют напряжение сигнала гетеродина на входе блока УКВ

при подключенном эквиваленте антенны. Напряжение на эквиваленте антенны 300 Ом не должно превышать 1,5 мВ.

Эффективность АРУ — величина, характеризующая степень поддержания постоянства сигнала на выходе приемника при изменении уровня сигнала на входе.

Способ измерения. Измерение производят на частотах 1 и 69 МГц, так же как измерение чувствительности при выходном напряжении приемника, соответствующем стандартной мощности, и входном сигнале, равном 50 мВ. Затем напряжение от генератора сигналов уменьшают в заданное число раз. Отношение напряжений на входе приемника, выраженное в децибелах, и соответствующее ему отношение напряжений на выходе характеризуют действие АРУ.

2-2. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Приемники прямого усиления

Достоинство приемников прямого усиления (рис. 2-2, *а—д*) — простота изготовления и налаживания, делающие их удобными для первоначального этапа радиолюбительской практики; недостаток — малая чувствительность и селективность. При этом чувствительность и селективность тем хуже, чем выше частота сигнала; селективность ограничивается числом контуров и трудностью сопряжения их настроек при большом числе контуров. Область применения приемников прямого усиления без обратной связи практически ограничена диапазонами ДВ и СВ.

Улучшение чувствительности и селективности с помощью положительной обратной связи усложняет управление приемником и не гарантирует постоянства его параметров при изменении уровня принимаемых сигналов, изменении параметров антенны и напряжения питания приемника, кроме того, применение положительной обратной связи (регенерации) может вызвать излучение антенной колебаний с частотой, близкой к частоте сигнала принимаемой радиостанции, что создает помехи. Поэтому применение приемников прямого усиления с обратной связью (регенеративных приемников) без каскада усиления ВЧ, предшествующего каскаду, в котором применена положительная обратная связь, ни в коем случае не допускается (каскад усиления ВЧ ослабляет излучение помех). Принцип сверхрегенерации заключается в периодическом прерывании со сверхзвуковой частотой генерации в приемнике, настроенном на частоту сигнала радиостанции; при этом среднее за период вспомогательных колебаний усиление принимаемой частоты может достигать 1 млн. раз, что позволяет построить приемник с минимальным количеством усилительных элементов (транзисторов, ламп). Высокое качество радиоприема с помощью регенеративных и сверхрегенеративных приемников получить нельзя. Транзисторные и ламповые приемники с обратной связью позволяют вести прием сигналов, создающих на их входах напряжение порядка сотен микровольт — единиц милливольт.

Супергетеродинные приемники

В супергетеродинном приемнике (см. рис. 2-4—2-9) принимаемый сигнал преобразуется в сигнал ПЧ, на которой осуществляется основное усиление сигнала и подавление сигналов радиостанций, создающих помехи приему из-за близкого расположения их рабочих частот к частоте принимаемого сигнала. Постоянство настройки контуров ПЧ позволяет увеличить число резонансных контуров по сравнению с приемниками прямого усиления и тем самым улучшить селективность по соседнему каналу. Сосредоточение основного усиления приемника в УПЧ делает практически независимой от частоты настройки чувствительность приемников супергетеродинного типа, расширяя область их применения до диапазона УКВ, и дает возможность получить значительный запас по усилению, позволяющий ввести ряд дополнительных устройств, улучшающих эксплуатационные характеристики приемников.

Особенности супергетеродинов: наличие побочных каналов приема на ПЧ, на зеркальной частоте и на комбинированных частотах (каналы приема на гармониках принимаемого сигнала, гетеродина и промежуточной частоты).

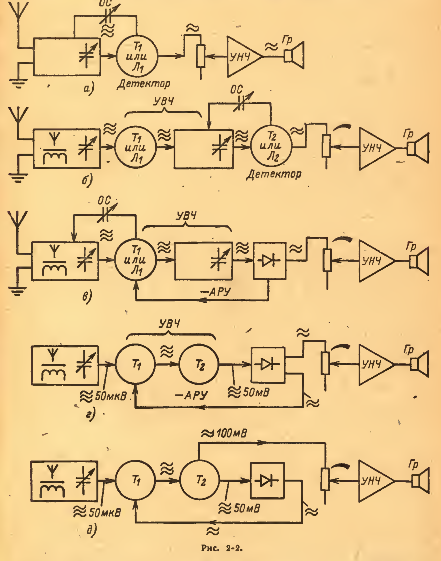


Рис. 2-2.

Возникновение побочных каналов приема заложено в самом принципе преобразования частоты и поясняется примером на рис. 2-3, где приняты следующие обозначения: f_c — частота полезного принимаемого сигнала, $f_г$ — частота гете-

родина, $f_{пр}$ — промежуточная частота, $f_з$ — частота «зеркальная», $f_{п1}$, $f_{п2}$, $f_{п3}$ — частоты помех.

Чувствительность по комбинационным каналам приема в значительной степени зависит от формы колебаний гетеродина, свойств частотно-преобразователь-

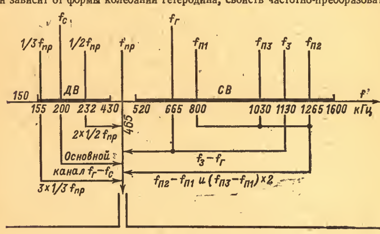


Рис. 2-3.

ного каскада и распределения усиления и селективности по тракту ВЧ приемника. Для достижения высокой реальной селективности приемника селективные цепи целесообразно располагать возможно ближе к его входу, а основное усиление обеспечивать последующими каскадами. При этом селективные цепи приемника подавляют помехи при низких уровнях сигналов, вследствие чего уменьшается опасность перегрузки усилительных каскадов помехами.

В современных радиовещательных супергетеродинных приемниках, особенно в переносных транзисторных приемниках классов III и IV (см. функциональные схемы на рис. 2-4 и 2-5), применяют фильтры основной селекции (ФОС), распола-

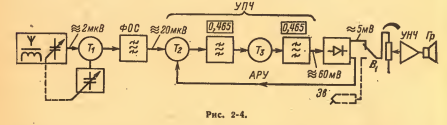


Рис. 2-4.

гая их на входах УПЧ (реже между первым и вторым каскадом УПЧ). К числу таких фильтров относятся: *LC*-фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), пьезокерамические (ФП) и электромеханические (ФЭМ). Эти фильтры обладают амплитудно-частотными характеристиками, обеспечивающими заданную селективность для приемника в целом. Поэтому дальнейшее усиление сигналов производится сравнительно широкополосными усилителями ПЧ.

Входные цепи и УВЧ должны ослаблять помехи по побочным каналам приема, комбинационные и перекрестные помехи. Решение этой задачи осложняется

с ростом частоты принимаемых сигналов, поэтому иногда приходится иметь во входных устройствах 2—3 перестраиваемых контура или применять двойное преобразование частоты. При двойном преобразовании частоты первую промежуточную частоту выбирают достаточно большой, чтобы при простом входном устрой-

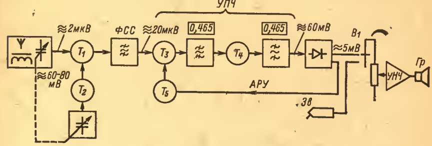


Рис. 2-5.

стве получить значительное ослабление первого зеркального канала. Соотношение между первой и второй промежуточными частотами обычно выбирают в пределах

$$\frac{f_{ПЧ1}}{f_{ПЧ2}} \leqslant \frac{2Q_{ПЧ1}}{\sqrt[n]{d_{з2}}},$$

где $d_{з2}$ — необходимое ослабление зеркального канала по второй промежуточной частоте; n — число контуров ПЧ1; $Q_{ПЧ1}$ — добротность контуров ПЧ1.

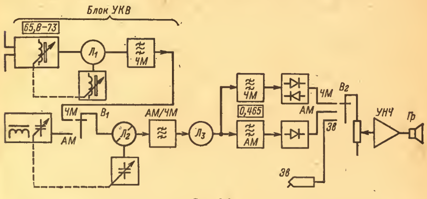


Рис. 2-6.

В диапазоне УКВ, где из-за широкой полосы пропускания и большего расстояния между соседними каналами приема возможно повысить промежуточную частоту без ущерба для селективности по соседнему каналу, одновременно улучшая селективность по зеркальному каналу без усложнения входных цепей и при однократном преобразовании частоты.

Усиление всего ВЧ тракта приемника должно быть таким, чтобы к детектору подводилось необходимое напряжение сигнала обеспечивающее его нормальную работу. Оптимальным напряжением на входе детектора (на полупроводниковом

диоде или транзисторе) можно считать: 30—60 мВ для транзисторных приемников III—IV класса, 0,15—0,3 В для транзисторных приемников классов от II до высшего и 1—3 В для ламповых приемников.

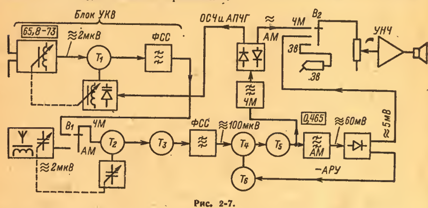


Рис. 2-7.

Приведенные данные определяют необходимое усиление и количество каскадов УВЧ и УПЧ приемника.

Питание гетеродинов должно быть стабилизировано. Для улучшения действия системы АРУ в ней применяют дополнительные каскады УПЧ или УПТ.

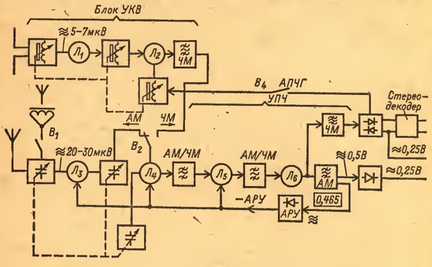


Рис. 2-8.

Приемники с диапазоном УКВ. Типовая функциональная схема подобного приемника приведена на рис. 2-6. В приемнике по схеме рис. 2-7 при приеме ЧМ сигналов на УКВ используется тракт ПЧ АМ, к которому добавлен частотный де-

тектор. С выхода детектора на гетеродин УКВ блока подается отрицательная обратная связь по частоте (ОСЧ), обеспечивающая уменьшение индекса частотной модуляции и автоматическую подстройку частоты (АПЧГ).

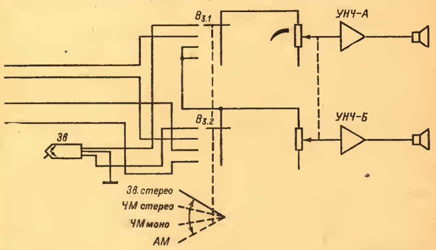
Сущность ОСЧ заключается в том, что к управляющему элементу устройства АПЧГ, кроме постоянного напряжения, значение которого пропорционально расстройке приемника по отношению к сигналу, с выхода частотного детектора подводится напряжение звуковой частоты в такой фазе, что система АПЧГ уменьшает девиацию частоты в тракте УПЧ до ширины его полосы пропускания. Полоса пропускания УПЧ не должна быть уже удвоенного значения наивысшей частоты модуляции, которая подлежит воспроизведению. Совмещение трактов ПЧ, ЧМ и АМ ограничивает полосу пропускания при ЧМ до значения полосы пропускания при АМ (4—5 кГц), что значительно упрощает схему приемника в диапазоне УКВ по сравнению с «классической» схемой с двумя различными для диапазонов с ЧМ и АМ значениями ПЧ, поэтому она может быть рекомендована для портативных переносных транзисторных приемников.

Стереофонический ламповый приемник высшего и первого класса (рис. 2-8). Кроме каскада УВЧ, усиленной АРУ, АПЧГ в блоке УКВ, особенностью такого приемника является наличие декодера (разделителя) стереосигналов и двух каналов УНЧ для разделения и усиления стереосигналов.

Транзисторный стереофонический приемник выполняется по аналогичной схеме, но в нем необходима стабилизация напряжений питания всех каскадов УВЧ, УПЧ и гетеродина.

Инфрадин. Инфрадин (рис. 2-9) отличается тем, что его ПЧ выше максимальной принимаемой частоты, и поэтому зеркальный канал приема всегда расположен выше диапазона принимаемых частот. Это позволяет заменить перестраиваемый входной контур фильтром нижних частот с границей полосы пропускания, равной максимально принимаемой частоте. Как правило, затем частота понижается, т. е. приемник выполняется с двух- или трехкратным преобразованием частоты.

Вследствие высокого значения первой ПЧ (например, 40—50 МГц) необходимая перестройка частоты контура гетеродина сравнительно невелика даже при одновременном (без разбивки на поддиапазоны) перекрытии диапазонов



ДВ, СВ и КВ. Это позволяет повысить надежность и упростить конструкцию приемника за счет исключения переключателя поддиапазонов, а также облегчает применение электронной перестройки частоты с использованием варикапов. Недостат-

ком инфрадина является большая подверженность перекрестным помехам из-за отсутствия узкополосных входных цепей. Во избежание этого недостатка требуется добиваться высокой линейности вольт-амперных характеристик усилительных элементов в первых каскадах приемника.

Рис. 2-9.

По схеме инфрадина часто выполняют приемники с автоматической электронной настройкой; при этом необходимо принимать меры к уменьшению перекрестных помех в УВЧ и преобразователе частоты. Современные профессиональные приемники для дальней радиосвязи, как правило, являются инфрадинами. Высококачественный инфрадин имеет сложную конструкцию и требует высокой квалификации при налаживании, поэтому он в радиолюбительской практике применяется редко.

2-3. ВХОДНЫЕ ЦЕПИ ПРИЕМНИКОВ. МАГНИТНЫЕ АНТЕННЫ

Входные цепи. Основное назначение входных цепей приемника — передача сигнала из антенны на преобразователь частоты, на вход УВЧ или детектор, осуществление селективности по соседнему каналу в приемниках прямого усиления, по зеркальному и соседнему каналам, промежуточной частоте и другим побочным каналам приема в супергетеродинах.

Входная цепь приемника на диапазонах ДВ, СВ и КВ, как правило, состоит из одного-двух резонансных контуров, настраиваемых на частоту принимаемого сигнала, и элементов связи антенны с этими контурами.

Величина и способ связи входного контура с антенной определяются заданными требованиями к чувствительности приемника и селективности входной цепи. Для получения максимальной чувствительности связь с антенной должна обеспечивать наибольший коэффициент передачи напряжения сигнала ко входу первого каскада.

В тех случаях, когда определяющую роль играет селективность входной цепи, связь с антенной выбирают из условий обеспечения заданной селективности, мирясь с уменьшением чувствительности приемника. И наоборот, в приемниках III—IV классов в диапазонах ДВ и СВ и в диапазоне УКВ иногда применяют широкополосные цепи связи с антенной, не перестраиваемые в пределах данного диапазона.

Расчет элементов резонансного контура. Перестройка контура входной цепи в заданном диапазоне частот $f_{мин}-f_{макс}$ чаще всего осуществляется конденсато-

ром переменной емкости (рис. 2-10). Расчет параметров контура производят в следующем порядке.

1. Определяют коэффициент перекрытия по частоте

$$k_д = f_{макс}/f_{мин}.$$

2. Выбрав конденсатор переменной емкости, определяют параметр

$$C_{\sim} = C_к - C_н,$$

где $C_к$ и $C_н$ — конечная и начальная емкости конденсатора.

3. Принимая емкость монтажа контура $C_м \approx 30 \div 50$ пФ для лампового приемника и $C_м \approx 15 \div 30$ пФ для транзисторного, определяют начальную емкость контура по формуле

$$C_0 = C_м + C_п + C_н,$$

где $C_п$ — средняя емкость подстроечного конденсатора.

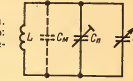


Рис. 2-10.

Если начальная емкость удовлетворяет условию: $C'_0 = C_{\sim}/(k_д^2 - 1)$, то индуктивность катушки определяют с помощью табл. 1-1 или по формуле

$$L_к = \frac{25\,330}{f_{мин}^2 (C_{\sim} + C_0)},$$

где $L_к$, мкГ; $C_{\sim}$ и C_0, пФ; $f_{мин}$, МГц.

Если же $C'_0 < C_м + C_п + C_н$, то следует применить конденсатор с большим значением $C_{\sim}$.

4. Определяют ослабление контуром помехи с частотой $f_п$, отстоящей от резонансной частоты на величину $\Delta f = f_{рез} - f_п$; в случае малых расстроек

$$d = \sqrt{1 + \left(\frac{2\Delta f}{f_{рез}} Q_э\right)^2}$$

и для больших расстроек

$$d = 2\Delta f Q_э / f_{рез},$$

где $f_{рез}$ — резонансная частота контура; $Q_э$ — эффективная добротность контура, зависящая от потерь, вносимых в него антенной и электронными приборами (транзистор, лампа), связанными с контуром.

Способы связи входного контура с антенной. Связь входного контура с антенной осуществляется с помощью катушки или конденсатора. В первом случае связь называется трансформаторной или индуктивной, во втором — емкостной.

Индуктивная связь (рис. 2-11, *а*) при частоте настройки антенной цепи $f_А$ ниже самой низкой частоты $f_{мин}$ данного поддиапазона обеспечивает относительное постоянство коэффициента передачи напряжения $k_{вх}$ входного контура $L_к C_к$. Приближенный расчет $L_А$ и $k_{вх}$ можно произвести с помощью номограммы на рис. 2-12 (M — взаимоиндуктивность между катушками $L_А$ и $L_к$).

Емкостная связь отличается большей неравномерностью коэффициента передачи (при применяемой обычно настройке контура переменным конденсатором), чем индуктивная, но в силу простоты применяется в несложных приемниках или в приемниках с узким частотным диапазоном. Она подразделяется на внешнеемкостную (рис. 2-11, *б*) и внутриемкостную (рис. 2-11, *в*). Расчет элемента внешнеемкостной связи $C_с$ производится по номограмме на рис. 2-13. При внутриемкостной связи полученное по номограмме значение $C_с$ необходимо увеличить в $Q_э^2$ раз.

Комбинированная связь (рис. 2-11, *г*) позволяет получить наибольшую равномерность коэффициента передачи напряжения антенной цепи в пределах каждого из поддиапазонов приемника.

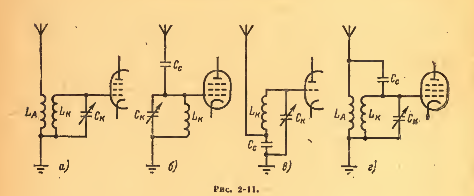
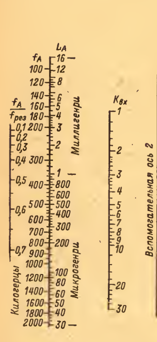


Рис. 2-11.



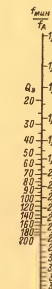


Рис. 2-12.

Связь входного контура с УВЧ. В приемниках с биполярными транзисторами из-за малого входного сопротивления первого каскада цепь базы подключается к контуру не полностью. Величина связи транзистора первого каскада с контуром зависит от коэффициента включения цепи базы p_1, который ориентировочно равен отношению числа витков катушки связи w_c к числу витков всей контурной катушки $w_к$ при индуктивной связи, или отношению емкости контура к емкости конденсатора связи, при внутриемкостной связи. Для максимальной передачи энергии из контура в цепь базы транзистора входного каскада (УВЧ или преобразователя

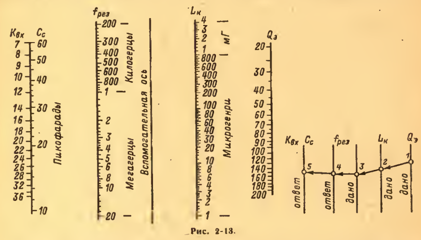


Рис. 2-13.

частоты) необходимо оптимальное согласование входного сопротивления этого каскада с сопротивлением контура при резонансе, которое получается при условии

$$p_1 = \frac{w_c}{w_к} = \sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}},$$

где R_{oe} — эквивалентное сопротивление контура при резонансе с учетом влияния антенны (см. стр. 38).

Прн таком согласовании добротность контура и, следовательно, его селективные свойства ухудшаются в 2 раза. Если задана ширина полосы пропускания $2\Delta f$, то коэффициент включения

$$p_1 = \sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}\left(\frac{\Delta f}{\Delta f_{рез}} - 1\right)}.$$

Так как согласование возможно только на одной частоте поддиапазона, то его следует производить на средней частоте либо на одной из крайних. При согласовании на частоте $f_{макс}$ селективность будет возрастать при понижении частоты настройки контура, а при согласовании на $f_{мин}$ селективность с ростом частоты будет уменьшаться по сравнению с частотой согласования.

В приемниках с полевыми транзисторами на входе и в ламповых приемниках связь входного контура с УВЧ благодаря высокому входному сопротивлению УВЧ в диапазонах ДВ, СВ и КВ, как правило, полная: участок сетка—катод (затвор—исток) подключается параллельно всему контуру.

При оптимальном согласовании коэффициент передачи напряжения антенной цепи на вход первого каскада приемника

$$k'_{вх} = 0{,}5 p_1 k_{вх},$$

где $k_{вх}$ — коэффициент передачи напряжения к контуру, рассчитанный по номограмме рис. 2-13.

Магнитные антенны. Магнитные антенны — это ферритовые и рамочные антенны. По сравнению с наружными проволочными антеннами с большой высотой подвеса они, как правило, менее эффективны. Действующая высота магнитных антенн принимает значения от 0,02 (для диапазона ДВ) до 0,5—0,7 м (для диапазона КВ), тогда как действующая высота электрических антенн — от 0,8—1 м (для встроенных штыревых) до 5—15 м (для наружных). Для получения заданной чувствительности приемника с магнитной антенной усиление его ВЧ (ПЧ) тракта должно быть в несколько раз больше, чем в приемнике, предназначенном для работы с внешней или встроенной электрической антенной.

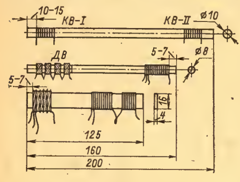


Рис. 2-14.

Этот недостаток магнитных антенн окупается их малыми габаритами, более высокой помехозащищенностью по отношению к индустриальным помехам и возможностью применения пространственной селекции.

Ферритовая антенна. Ее принципиальная схема не отличается от схемы обычного колебательного контура; различие проявляется лишь в том, что катушку контура ферритовой антенны наматывают на сердечнике из феррита с с большой магнитной проницаемостью.

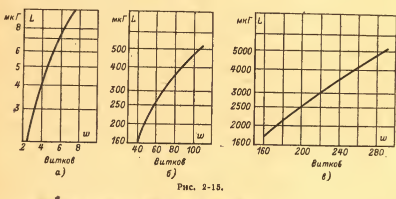


Рис. 2-15.

Напряжение в контуре ферритовой антенны

$$U = 2EQ_э w S_c f_{рез} \mu_п \cdot 10^{-6},$$

где E — напряженность поля в месте приема, В/м; $Q_э$ — эффективная добротность; w — число витков катушки антенны; S_c — площадь поперечного сечения сердечника, мм; $f_{рез}$ — резонансная частота, МГц; $\mu_п$ — среднее значение магнитной проницаемости сердечника.

Для сердечников из феррита марок 400НН и 700НН (рис. 2-14) при указанном размещении катушек можно принять $\mu_п \approx 100$ и $\mu_п \approx 50$ для сердечников из феррита марок 100НН и 150НН.

Зависимость между индуктивностью L и числом витков катушки антенны, выполненной на стандартном сердечнике прямоугольного сечения $4\times16\times125$ мм из феррита марки 400НН, показана на рис. 2-15. График на рис. 2-15, *а* соответствует намотке катушки проводом 0,4—0,6 мм с шагом 1 мм, график на рис. 2-15, *б* — намотке многожильным проводом ЛЭШО $10\times0{,}07$, а график на рис. 2-15, *в* — намотке проводом ПЭШО 0,1.

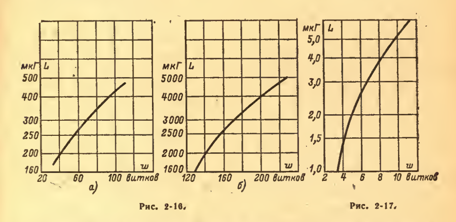


Рис. 2-16. **Рис. 2-17.**

На рис. 2-16 показана зависимость между индуктивностью L и числом витков w катушек для антенны, выполненной на цилиндрическом сердечнике из феррита марки 700НН диаметром 8 и длиной 160 мм (намотка проводом ЛЭШО $10\times0{,}07$), а на рис. 2-17 — для антенны диапазона КВ, выполненной на сердечнике из феррита марки 150НН диаметром 10 и длиной 200 мм (намотка проводом 0,6—0,8 мм с шагом 2 мм).

С в я з ь к о н т у р а ф е р р и т о в о й а н т е н н ы с первым каскадом приемника чаще всего трансформаторная или автотрансформаторная (рис. 2-18, *а*); при этом катушка связи L_c должна располагаться вплотную к катушке $L_к$. Во избежание ложных резонансов в диапазоне рабочих частот ферритовой антенны часто применяют кондуктивную (автотрансформаторную) (рис. 2-18, *б*) или внутриемкостную связь (рис. 2-18, *в*).

Р а м о ч н а я а н т е н н а (без ферромагнитного сердечника). Эффективность встроенной рамочной антенны (при длине корпуса приемника 150—200 мм) сравнима с эффективностью ферритовой антенны, особенно в диапазоне КВ. Собст-

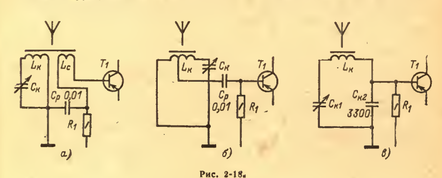


Рис. 2-18.

венная добротность рамочных антенн составляет 150—250.

Зависимость между площадью витка S и индуктивностью рамочной антенны, состоящей из 1—2 витков (для приема в диапазоне КВ), показана на рис. 2-19.

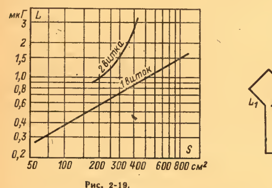


Рис. 2-19.

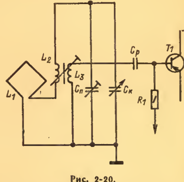


Рис. 2-20.

Связь рамочной антенны с первым каскадом лампового приемника осуществляется подключением цепи сетки первой лампы ко всему контуру. В транзисторных приемниках можно применить связь цепи базы транзистора первого каскада с контуром рамочной антенны по схеме рис. 2-20. В этой схеме часть индуктивности контура представлена катушкой L_2, намотанной на каркасе с подстроечным сердечником. На этом же каркасе наматывают катушку связи L_3.

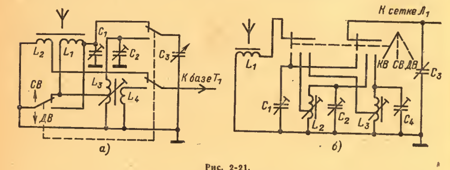


Рис. 2-21.

Во избежание ложных резонансов, снижения чувствительности на отдельных участках поддиапазонов и уменьшения селективности по побочным каналам приема следует применять одну рамочную антенну (или одну катушку на стержне ферритовой антенны) для нескольких поддиапазонов. На рис. 2-21, *а*, *б* приведены схемы коммутации контуров приемника с двумя и тремя диапазонами. Катушка L_1 рамочной или ферритовой антенны является контурной катушкой самого коротковолнового поддиапазона приемника, а на остальных поддиапазонах в контур антенны включают дополнительные катушки, выполненные на отдельных каркасах, исключающих связь между ними.

2-4. УСИЛИТЕЛИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Общие сведения

Для нормальной работы детектора необходимо обеспечить на его входе достаточно большой уровень ВЧ сигнала. Для усиления слабых сигналов, наводимых в антенне приемника, применяют резонансные и апериодические каскады УВЧ.

В приемниках прямого усиления основное усиление сигналов до детектора производится в УВЧ, поэтому его коэффициент усиления может достигать нескольких сотен или даже тысяч. Применение более двух резонансных каскадов УВЧ нерационально, так как при этом же числе коммутируемых и перестраиваемых контуров применение супергетеродинного приема позволяет значительно улучшить чувствительность и селективность приемника.

Коэффициент усиления каскада УВЧ (рис. 2-22), при котором еще невозможно самовозбуждение из-за влияния проходной емкости транзистора или лампы, получается при условии

$$K_{макс} \leqslant \sqrt{\frac{159 Y_{21Э}}{f C_{прох}}},$$

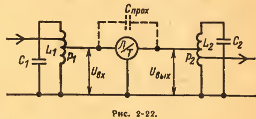


Рис. 2-22.

где $K_{макс}$ — наибольший допустимый коэффициент усиления, определяемый отношением $U_{вых}/U_{вх}$; $Y_{21Э}$ — крутизна проходной характеристики транзистора или лампы на данной частоте и в данном режиме ее использования, мА/В; $C_{прох}$ — проходная емкость усилительного каскада, пФ; f — частота, МГц. Если частота сигнала, усиливаемого транзисторным каскадом, $f < 0,1\, f_{гр}$, то крутизну характеристики транзистора можно считать равной $Y_{21Э} \approx 1/h_{11б}$, где $h_{11б}$ — входное сопротивление транзистора, включенного по схеме ОБ, при данном рабочем токе эмиттера, при токе коллектора 1 мА — $h_{11б} \approx 25$ Ом.

Если емкость $C_{прох}$ достаточно велика (например, у транзистора), то для выполнения этого условия нагрузку необходимо подключать к каскаду через трансформатор с коэффициентом трансформации

$$n = \frac{w_2}{w_1} = \frac{1}{p_2} = \sqrt{\frac{R_н Y_{21Э}}{K_{макс}}},$$

где w_1 — число витков обмотки в выходной цепи транзистора (лампы); w_2 — число витков обмотки, подключаемой к сопротивлению нагрузки; $R_н$ — сопротивление нагрузки, кОм.

Если нагрузкой каскада является резонансный контур, в эту формулу вместо $R_н$ следует подставлять резонансное сопротивление нагруженного контура

$$R_{oe} = \frac{160 Q_э}{f C_к},$$

где R_{oe} — в килоомах; f — в мегагерцах; $C_к$ — в пикофарадах.

Выходное сопротивление транзистора (лампы), шунтирующее контур, при расчете, как правило, можно не учитывать, если коэффициент трансформации рассчитан указанным способом. Влиянием входного сопротивления лампы в диапазонах ДВ, СВ и КВ обычно пренебрегают, тогда как в транзисторных УВЧ следует учитывать влияние входного сопротивления транзисторов на качество контура в цепи

базы. Входное сопротивление транзистора, включенного по схеме ОЭ, на частотах $f < 0{,}1\ f_{гр}$ можно определить по формуле

$$R_{вх.э} \approx h_{21э}h_{11б};\ для\ I_к = 1\ мА\ R_{вх} \approx 0{,}5—1\ кОм.$$

К УВЧ супергетеродинных приемников предъявляют следующие основные требования: хорошая линейность амплитудной характеристики, обеспечение соотношения сигнал/шум, возможно более близкого к достигаемому во входной цепи приемника, уменьшение проникания напряжения частоты гетеродина в антенну, уменьшение влияния настройки входного контура на стабильность частоты гетеродина, повышение эффективности АРУ.

Схемы УВЧ на транзисторах

В приемниках супергетеродинного типа высокого класса и в приемниках прямого усиления с числом перестраиваемых контуров более одного целесообразно применение каскодных усилителей (рис. 2-23); устойчивый коэффициент усиления такого усилителя с транзисторами, имеющими высокую граничную частоту, при рациональном выполнении монтажа очень велик, что обеспечивается малой проходной емкостью каскада с ОБ. Такие усилители хорошо работают в диапазоне УКВ. Так как коэффициент усиления первого транзистора по напряжению равен 1, то напряжение питания между его эмиттером и коллектором можно выбрать небольшим (1—2 В), обеспечив тем самым запас по питанию второго транзистора и избежать ограничения в его коллекторной цепи при значительных амплитудах сигнала на выходе. Температурная стабилизация осуществляется включением в цепь эмиттера резистора R_3.

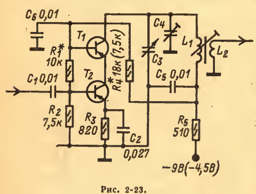


Рис. 2-23.

Апериодические УВЧ. В большинстве транзисторных приемников прямого усиления, где единственным селективным элементом является резонансный контур ферритовой антенны, применяют апериодический УВЧ. Благодаря большой крутизне характеристики современных транзисторов (35—40 мА/В при токе коллектора 1 мА) такой усилитель обладает значительным коэффициентом усиления, прост в изготовлении и налаживании. При работе на диодный детектор один каскад по схеме с ОЭ обеспечивает усиление в 100—300 раз в диапазонах СВ и ДВ. При работе на входное сопротивление следующего такого же каскада усиление составляет 15—50 раз в зависимости от выбранного режима и коэффициента усиления по току транзисторов.

В схеме, приведенной на рис. 2-24, *а*, напряжение сигнала с части катушки L_1 антенного контура через разделительный конденсатор C_2 подводится к базе транзистора T_1, в коллекторную цепь которого включен нагрузочный резистор R_2; усиленный сигнал через конденсатор C_3 подается на детекторный каскад по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Эту схему следует применять при напряжении питания не ниже 6 В; при этом сопротивление резистора нагрузки может быть относительно большим (3—6 кОм), что обеспечивает достаточный коэффициент усиления. При малых уровнях сигнала коэффициент усиления такого усилителя определяется только сопротивлением резистора R_2, так как входное сопротивление детекторного каскада велико (20—30 кОм) и практически не шунтирует резистор нагрузки. При больших уровнях сигнала входное сопротивление

детекторного каскада уменьшается до 2—3 кОм в зависимости от сопротивления нагрузочного резистора детектора, и транзистор работает практически только на него. Этим достигается некоторое выравнивание усиления различных по величине сигналов без применения АРУ. Температурная стабилизация режима осуществляется за счет глубокой отрицательной обратной связи по постоянному току благодаря включению резистора смещения R_1 между коллектором и базой транзистора.

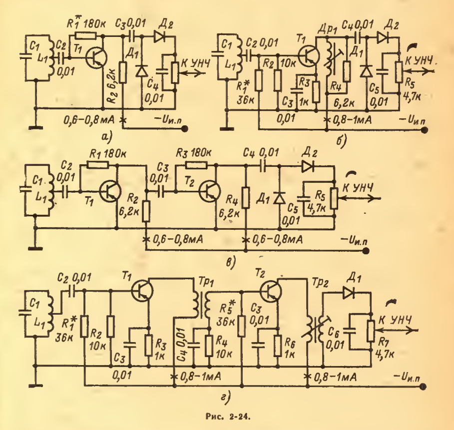


Рис. 2-24.

При низком напряжении питания целесообразно применять схему, показанную на рис. 2-24, *б*. Отличие состоит в том, что параллельно резистору нагрузки R_1 включен дроссель с малым сопротивлением постоянному току. Индуктивность дросселя для диапазонов СВ и ДВ должна составлять не менее 20 мГ (300 витков провода ПЭВ-1 0,1—0,07; намотка внавал на кольцевом сердечнике диаметром 7—10 мм из феррита 1000НН).

В двухкаскадном усилителе по схеме на рис. 2-24, *в* первый и второй каскады аналогичны усилителю, показанному на рис. 2-24, *а*. При низком напряжении питания в каждом каскаде двухкаскадного усилителя (рис. 2-24, *г*) целесообразно вместо дросселей применить трансформатор, согласующий эти каскады, а также выход усилителя со входом детекторного каскада, что значительно повышает об-

щий коэффициент усиления (число витков обмоток трансформаторов 200 и 100 соответственно, провод ПЭВ-1 0,1—0,07; сердечник — ⌀ 7 мм, 1000НН).

Схема апериодического УВЧ супергетеродинного приемника изображена на рис. 2-25. Для нормальной работы преобразователя частоты с совмещенным гетеродином на транзисторе T_2 сопротивление резистора R_4 в коллекторной цепи

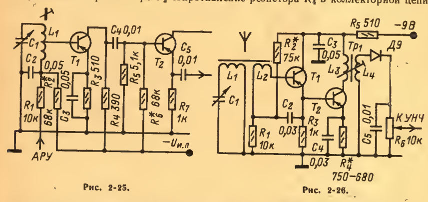


Рис. 2-25.

Рис. 2-26.

УВЧ должно быть возможно меньшим, таким, чтобы коэффициент усиления не превышал 10—15. В противном случае возможно значительное снижение селективности по дополнительным каналам приема из-за перегрузки преобразователя частоты сигналом.

Начинающим радиолюбителям для изготовления приемника прямого усиления можно рекомендовать двухкаскадный УВЧ по схеме на рис. 2-26. Резистор нагрузки первого каскада R_3 включен в коллекторную цепь со стороны эмиттера транзистора, благодаря чему напряжение на нем совпадает по фазе с входным напряжением. Поэтому при случайном попадании напряжения с выхода второго каскада на вход первого, например, из-за паразитной связи между выходом и входом усилителя, самовозбуждение не возникает, так как наведенное напряжение оказывается в противоположной фазе к напряжению сигнала. Это равноценно отрицательной обратной связи, увеличивающей стабильность усилителя. При непосредственной связи базы второго транзистора с эмиттером первого оба каскада охватываются АРУ при подведении напряжения регулирования только к базе первого каскада.

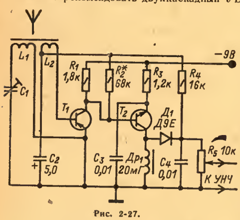


Рис. 2-27.

Усилитель на транзисторах разной структуры (рис. 2-27) обладает такими же достоинствами. Этот усилитель особенно удобен тем, что на его выходе не нужен разделительный трансформатор для осуществления АРУ (как, например, в схемах на рис. 2-25, *г* и 2-26).

УВЧ с высоким входным сопротивлением. Для уменьшения числа выводов у контурных катушек и, следовательно, упрощения их коммутации в приемниках

с несколькими поддиапазонами частот целесообразно применение УВЧ на трех транзисторах с непосредственной связью между ними (рис. 2-28). Такой усилитель на СВ и ДВ обладает входным сопротивлением около 1 МОм и малой входной емкостью, что позволяет подсоединить его вход непосредственно к контуру ферритовой антенны. Режим по постоянному току устанавливается автоматически и под-

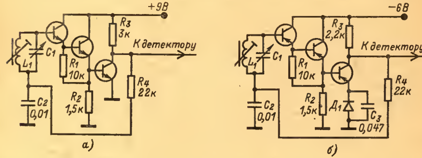


Рис. 2-28.

держивается в необходимых пределах при изменении температуры окружающей среды и напряжения источника питания благодаря глубокой отрицательной обратной связи. Сопротивление резистора нагрузки зависит от напряжения источника питания и выбранного тока коллектора. Для схемы на рис. 2-28, *а*, в которой должны применяться только кремниевые ВЧ транзисторы,

$$R_{н}=(U_{и.п}-2)/I_{К}.$$

Усилитель по этой схеме удобно выполнять на транзисторной сборке К2НТ012 или К2НТ172 из соответствующих серий микросхем.

Для схемы на германиевых транзисторах (рис. 2-28, *б*)

$$R_{н}=(U_{и.п}-1{,}2)/I_{К}.$$

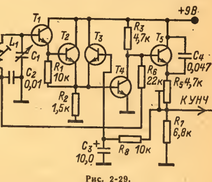


Рис. 2-29.

Для обеспечения температурной и режимной стабильности в схеме на германиевых транзисторах необходимо применение кремниевого диода $Д_1$. С этого диода при необходимости может быть снято стабилизированное напряжение около 0,7 В для стабилизации рабочих точек других каскадов приемника, если потребляемый этими цепями ток не превышает 100—200 мкА.

При введении АРУ в таком случае необходимо добавить еще один транзистор (T_3 на рис. 2-29), который хорошо согласуется с эмиттерным детектором на транзисторе T_5. При отсутствии сигнала транзистор АРУ заперт и не мешает нормальной работе при большом усилении. По мере возрастания сигнала транзистор T_3 отпирается и происходит перераспределение тока между транзисторами T_3 и T_1—T_2, не изменяя режима по постоянному току транзистора T_4. Одновременно уменьшающееся выходное сопротивление транзистора АРУ шунтирует по переменному току вход транзистора T_4. В результате совместного действия указанных факторов резко падает усиление УВЧ в целом. Начальный режим транзистора T_3 и, следовательно, задержка АРУ устанавливается переменным резистором R_5.

Еще более высоким входным сопротивлением обладает УВЧ на полевом транзисторе (рис. 2-30). В приемниках прямого усиления диапазонов СВ и ДВ возможно применение сравнительно низкочастотных полевых транзисторов типа КП102. Для уменьшения возможности его самовозбуждения из-за значительной

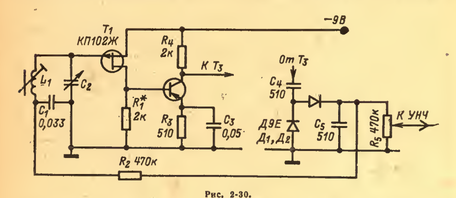


Рис. 2-30.

проходной емкости транзистор T_1 включен по схеме с общим стоком. Второй каскад усилителя выполнен на высокочастотном биполярном транзисторе любого типа структуры *p-n-p*. В правой части схемы показан детектор, от которого через фильтр R_2C_1 подается напряжение АРУ на затвор транзистора T_1.

Возможно применение высокочастотных полевых транзисторов в каскадах УВЧ блоков УКВ. На рис. 2-31 приведена схема УВЧ на двухзатворном полевом транзисторе, рекомендуемая для применения в приемниках высокого класса и высококачественных блоках УКВ. Несмотря на возможность полного включения затвора транзистора во входной контур его подключают к части контура для снижения уровня сигнала при приеме мощных радиостанций и уменьшения перекрестных помех. Этому же способствует подведение напряжения АРУ ко второму затвору транзистора, так как крутизна его характеристики в равной мере зависит от напряжения на каждом из затворов, а входная емкость, положение рабочей точки на необходимом (оптимальном с точки зрения перекрестных искажений) участке характеристики мало изменяется при регулировании по второму затвору.

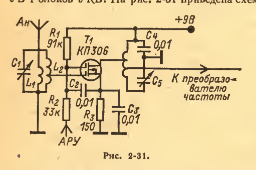


Рис. 2-31.

Типовые схемы УВЧ на электронных лампах

В диапазонах ДВ, СВ и КВ в приемниках прямого усиления и в УВЧ супергетеродинных приемников высшего класса применяют резонансные усилители (рис. 2-32, *а*). Расчет их выходных контуров производят так же, как и входных (см. стр. 36). Расчет элементов нагрузки апериодического каскада УВЧ (рис. 2-32, *б*) производят по номограмме на рис. 2-33, где $C_ш = C_м + C_{вх} + C_{вых}$.

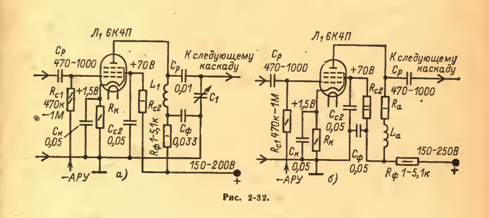


Рис. 2-32.

Рис. 2-33.

В диапазоне УКВ в качестве усилительных элементов часто применяют триоды, включенные по схеме с общей сеткой, позволяющие обеспечить минимальный уровень собственных шумов усилителя (рис. 2-34).

В приемниках с высокой чувствительностью применяют каскодные УВЧ на триодах (рис. 2-35), коэффициент устойчивого усиления которых не меньше,

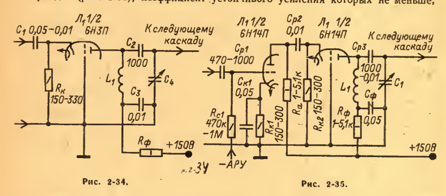


Рис. 2-34.

Рис. 2-35.

чем каскада на высокочастотном пентоде с малой проходной емкостью, но при значительно меньшем, чем у пентода, коэффициенте шума. Коэффициент усиления по напряжению каскодного усилителя

$$K_U = S_1 R_н,$$

где S_1 — крутизна характеристики первого триода, мА/В.

2-5. ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТОТЫ

Общие сведения

Так как для процесса преобразования частоты используются нелинейные свойства преобразующего элемента (ПЭ), то от правильности выбора режима его работы зависят такие характеристики приемника, как чувствительность, селективность, искажения сигнала.

В современных РВ приемниках в качестве преобразующих элементов используются полупроводниковые диоды, биполярные и полевые транзисторы. В радиолюбительской практике используются еще также электронные одно- и многосеточные лампы.

Для преобразования принимаемой частоты в промежуточную к преобразователю кроме напряжения принимаемого сигнала необходимо подвести напряжение с частотой, отличной от частоты сигнала на величину промежуточной частоты от гетеродина. Напряжение сигнала обычно значительно меньше напряжения от гетеродина, поэтому нелинейность характеристики ПЭ почти не проявляется по отношению к сигналу. Однако и в идеальном случае в промежуточную частоту могут быть преобразованы сразу две частоты из огромного множества возможных частот сигналов: основной канал приема и зеркальный канал, как это было представлено на рис. 2-3.

В зависимости от выбора рабочей точки на характеристике ПЭ и амплитуды напряжения гетеродина можно получить большее или меньшее количество нежелательных дополнительных каналов приема при одной настройке приемника, а следовательно, лучшую или худшую реальную селективность приемника. От этих же условий зависят усиление и уровень шума преобразователя, а следовательно,

чувствительность приемника. На рис. 2-36 представлена ориентировочная зависимость коэффициента шума и коэффициента усиления преобразовательного каскада по основному и дополнительным каналам приема от амплитуды напряжения гетеродина. Из этого рисунка видно, что только в сравнительно узкой области напряжений гетеродина существует приемлемый компромисс между параметрами, обеспечивающий оптимальную работу супергетеродинного приемника.

Преобразователи по типу примененного ПЭ делятся на пассивные и активные, а по способу получения напряжения гетеродина — на преобразователи с отдельным гетеродином и преобразователи с совмещенным гетеродином.

Пассивные (диодные) преобразователи не усиливают сигнал; они обладают низким коэффициентом передачи. Однако они просты в конструкции и обладают сравнительно малым собственным шумом. При применении специальных схем (балансных и кольцевых) они позволяют скомпенсировать некоторые нежелательные продукты преобразования, и поэтому находят применение в приемниках высокого класса, где им предшествует каскад УВЧ, улучшающий отношение сигнал/шум.

Активные преобразователи, как правило, обеспечивают усиление преобразуемого сигнала, зависящее от параметров и режима ПЭ, они потребляют меньшую мощность от гетеродина и позволяют совмещать функции преобразователя и гетеродина в одном и том же активном элементе (транзисторе, лампе), что делает целесообразным применение их в приемниках простейших конструкций.

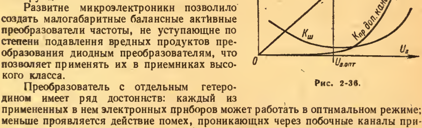


Рис. 2-36.

Развитие микроэлектроники позволило создать малогабаритные балансные активные преобразователи частоты, не уступающие по степени подавления вредных продуктов преобразования диодным преобразователям, что позволяет применять их в приемниках высокого класса.

Преобразователь с отдельным гетеродином имеет ряд достоинств: каждый из примененных в нем электронных приборов может работать в оптимальном режиме; меньше проявляется действие помех, проникающих через побочные каналы приема; меньше проникание колебаний гетеродина в антенну, могущее вызвать помехи другим приемникам; выше стабильность частоты гетеродина.

В радиолюбительских условиях (при отсутствии специальных измерительных приборов) не всегда удается обеспечить оптимальный режим преобразовательного каскада, поэтому для приемников с диапазонами СВ и ДВ целесообразно применять преобразователи с совмещенными гетеродинами, которые содержат меньше деталей и сравнительно просты в налаживании, так как при обеспечении режима самовозбуждения гетеродина автоматически устанавливаются в режим, близкий к оптимальному для преобразования частоты. К недостаткам таких преобразователей относятся большое число дополнительных каналов приема; большая, чем в случае применения отдельного гетеродина, взаимозависимость настроек входного и гетеродинного контуров; значительное проникание колебаний гетеродина в антенну и влияние изменения параметров ее на частоту гетеродина.

Усиление сигнала при преобразовании зависит от крутизны проходной характеристики преобразующего элемента (транзистора лампы) в режиме преобразования, поскольку ей пропорциональна крутизна преобразования $S_{пр}$. Оптимальный режим преобразования по первой гармонике напряжения частоты гетеродина получается при угле отсечки выходного тока ПЭ, равном 90°, при этом $S_{пр} \approx 0{,}25\, S_{макс}$.

Преобразование по второй (или более высокой) гармонике гетеродина иногда применяется в блоках УКВ для уменьшения проникания напряжения гетеродина в цепь антенны, и в приемниках с совмещенным преобразователем частоты на КВ для уменьшения взаимного влияния настроек входного и гетеродинного контуров.

Прн этом для повышеиня эффективностн преобразоваиия иеобходимо увеличивать амплнтуду гетеродина до получеиия угла отсечкн 60° (или менее), при котором достнгается максимальиая крутнзиа преобразоваиия по необходимой гармоиике

$$S_{пр}^{n} = S_{пр}^{1} \frac{\alpha_n}{\alpha_1};$$

здесь α_1, α_n — коэффнциенты разложения Фурье соответствующнх номеров гармоиик сниусоидальиого усечеиного нмпульса.

Прн расчете преобразователей иа электрониых лампах, имеющих ярко выраженный максимум крутизиы проходиой характериcтики, за $S_{макс}$ прн расчетах приинмают значеиие крутнзны характеристикн, указаниое в справочных даииых.

При расчете транзнсториых преобразователей иа частотах, меиьших 0,1 $f_{гр}$, крутнзну преобразования можио ориентировочно считать равиой $0{,}7 \div 0{,}8$ крутизиы его проходиой характеристикн в режиме усиления, которая орнеитировочно равна (мА/В)

$$S \approx I_К/0{,}025,$$

где $I_К$ — постояиная составляющая тока коллектора в рабочем режиме, мА.

Входное сопротивленне траизнсторного преобразователя частоты

$$R_{вх.\,пр} \approx \frac{h_{21э}}{S_{пр}} \approx 1{,}2 h_{21э} h_{11б}.$$

Максимальиый коэффнциент усилеиня преобразователя ограничивается возможиостью возиикновения самовозбуждения на частотах, близкнх к промежуточной. Во избежаиие самовозбуждеиия прн использоваиии фнльтра ПЧ с большим резоиансным сопротивлением коэффициент включення ПЭ в выходной контур должен быть равен

$$p_2 = \sqrt{\frac{K_{макс}}{S_{пр} R_{oe}}},$$

где $K_{макс}$ — коэффициент устойчивого усиления преобразовательного каскада в режиме усиления ПЧ, рассчнтанный по соответствующей формуле нз § 2-4.

Коэффициент усилеиия (передачи) диодного преобразователя, кольцевого или балансного, можно прнинять равным

$$K_{пр} = 0{,}5 \sqrt{\frac{R_{oe\,ПЧ}}{R_{oe\,УВЧ}}},$$

при условии его оптнмальиого согласования с коитурами УВЧ и ПЧ. Так как точиый расчет входиых н выходных сопротивлений кольцевого преобразователя достаточно сложеи, то для расчета согласоваиня можно воспользоваться следующимн прнблнженными даииыми, справедлнвымн для большинства германиевых диодов при амплитуде иапряжения гетеродина 100—300 мВ; входное сопротивлеиие со стороиы УВЧ н выходиое со стороиы ПЧ 2—3 кОм, входное со стороиы гетеродина 25—50 Ом в завнсимостн от амплитуды гетеродина соответствеиио. Коэффициент включення со стороны любого входа рассчнтывается по обычной формуле

$$p_{вх} = \sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}},$$

где $R_{вх}$ — сопротивленне соответствующего входа (выхода); R_{oe} — эквивалентное резоиансное сопротивлеине соответствующего контура иа средней частоте рассчитываемого поддиапазона.

Для нормальной работы гетеродина выходная цепь активного элемента (лампы, транзистора) должна быть согласована с резонансным сопротивлением контура гетеродина на низшей частоте каждого из поддиапазонов; при этом коэффициент включения

$$p_г = \sqrt{\frac{1}{R_{oe} S}},$$

где $p_г$ — коэффициент включения выходной цепи активного элемента в контур гетеродина; R_{oe} — эквивалентное резонансное сопротивление контура гетеродина на низшей частоте рассчитываемого поддиапазона. Однако точность расчета оказывается недостаточной, что может привести к возникновению паразитной генерации в гетеродине из-за слишком сильной связи с контуром. Обратную связь можно уменьшить включением в цепь эммитера (катода) резистора с небольшим сопротивлением, который, с одной стороны, уменьшит связь с контуром, а с другой — уменьшит крутизну характеристики активного элемента в $1 - SR$ раз. Этот прием позволяет, не изменяя точки подключения к катушке контура гетеродина, установить оптимальный режим его работы. В ряде случаев вместо резистора включают разделительный конденсатор небольшой емкости, который одновременно предохраняет от возникновения сверхрегенерации, часто возникающей в диапазонах КВ и УКВ, если емкость этого конденсатора не удовлетворяет условию

$$C < \frac{53 I_э Q_э}{U_г f_{макс}} \cdot 10^3,$$

где $I_э$ — ток эммитера (катода), мА; $U_г$ — действующее значение напряжения частоты гетеродина на эмиттере (катоде), мВ; $f_{макс}$ — максимальная частота гетеродина, МГц, $Q_э$ — эквивалентная добротность контура гетеродина на этой частоте.

Преобразователи частоты на полупроводниковых диодах

В промышленных и радиолюбительских приемниках высокого класса применяют диодные балансные и кольцевые преобразователи частоты. На рис. 2-37 приведена схема кольцевого преобразователя, примененного в приемнике «Океан».

Рис. 2-37.

Рис. 2-38.

Входной сигнал через согласующую катушку связи со средней точкой подводится к мосту из высокочастотных германиевых диодов $Д_1 - Д_4$. Ко второй диагонали моста подключена катушка связи с контуром ПЧ. К ее средней точке подведено напряжение, снимаемое с катушки связи с контуром гетеродина. Такое включение диодов (при хорошей симметрии согласующих катушек) обеспечивает подавление целого ряда побочных продуктов преобразования и практически полностью исключает прямое прохождение сигнала в цепи ПЧ и гетеродина. Для минимальных потерь сигнала в преобразователе он должен быть

согласован по сигнальному входу, выходу ПЧ и входу гетеродина. С потерями напряжения гетеродина в катушках связи практически можно не считаться, так как для тока гетеродина их половины индуктивностью не обладают, благодаря бифилярной намотке.

Линейность преобразователя по сигнальному входу сохраняется до амплитуд сигнала, равных 0,1 амплитуды напряжения гетеродина, т. е. при оптимальном напряжении гетеродина 100—300 мВ линейность сохраняется до 10—30 мВ. Это обстоятельство требует получения от УВЧ минимально необходимого для заданной чувствительности усиления и наличия его автоматической регулировки.

Недостатком приведенного преобразователя является сложность коммутации симметричного сигнального входа. Этот недостаток устранен в преобразователе по схеме рис. 2-38. Благодаря тому, что мост из четырех диодов образует для постоянного тока замкнутую цепь («кольцо»), он может быть подключен к источнику сигнала через разделительные конденсаторы. Это дает возможность вместо симметричных обмоток связи применить апериодический каскад на транзисторе T_1 с разделенной нагрузкой, имеющий несимметричный вход. Для получения параметров преобразователя, выполненного по этой схеме, близких к параметрам предыдущего преобразователя, следует несколько увеличить напряжение гетеродина, так как в цепи тока гетеродина включены резисторы R_3 и R_5 (каждый в свой полупериод) и R_4 (в оба полупериода).

Преобразователи частоты на транзисторах

В современных промышленных транзисторных РВ приемниках с характеристиками, соответствующими требованиям II и III классов ГОСТ, как правило, применяют преобразователи частоты с отдельным гетеродином. Типовая схема такого преобразователя приведена на рис. 2-39.

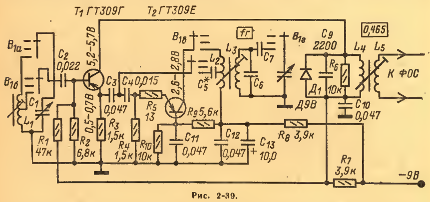


Рис. 2-39.

Сигнал с отвода катушки входного контура L_1C_1 поступает через конденсатор C_2 в цепь базы транзистора T_1 преобразователя. Напряжение от гетеродина на транзисторе T_2 поступает в цепь эмиттера преобразователя через конденсатор C_3. Полученное напряжение ПЧ через согласующий контур L_4C_9 и катушку связи L_5 подводится к фильтру основной селекции. Точность согласования пьезофильтра обеспечивается подбором резистора R_6. Диод $Д_1$ при больших уровнях сигнала проводит ток и шунтирует контур L_4C_9, уменьшая усиление преобразователя и предотвращая перегрузку УПЧ.

Гетеродин выполнен по схеме ОБ. Резистор R_5 служит для предотвращения паразитной генерации, стабилизируя работу гетеродина. Фильтр R_8C_{13} с большой

постоянной времени предотвращает паразитную частотную модуляцию гетеродина при изменении напряжения питания в такт с потреблением тока УНЧ.

В настоящее время во многих промышленных приемниках используется интегральная микросхема К2ЖА371. На рис. 2-40 приведена схема ее включения для работы в качестве преобразователя во всеволновом приемнике с растянутыми диапазонами КВ. Преобразователь выполнен по балансной схеме на транзисторах T_2 и T_5 с симметричным выходом и не симметричным входом. К эмиттерам обоих транзисторов подключен коллектор одного из транзисторов гетеродина, что обеспечивает автоматическое установление режима преобразователя, согласованное с режимом гетеродина — преобразователь управляется протекающим через него током гетеродина. На выходе преобразователя ток гетеродина компенсируется, и поэтому не может перегрузить следующий за преобразователем каскад даже при плохой фильтрации его контуром ПЧ. Режим по постоянному току транзисторов преобразователя также задается выходным током транзистора

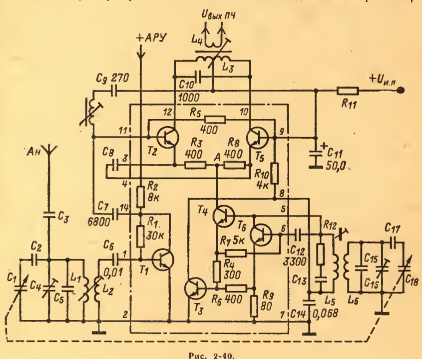


Рис. 2-40.

T_4. Особенностью гетеродина является то, что он выполнен на двух транзисторах, включенных по схеме, подобной мультивибратору с эмиттерной связью. Однако благодаря стабилизирующей роли контура такой генератор генерирует не прямоугольные импульсы, а синусоидальное напряжение. Некоторое усложнение схемы гетеродина (два транзистора) полностью компенсируется упрощением коммутации контуров гетеродина. Транзистор T_3 служит для стабилизации режима транзисторов гетеродина, а следовательно, и преобразователя. Транзистор T_1 предназначен для работы в УВЧ с АРУ, для чего он получает питание от усилителя постоянного тока цепи АРУ, входящего в состав микросхемы УПЧ К2ЖА372). В приемниках высокого класса между УВЧ и преобразователем

включают перестраиваемый контур, а в цепь эмиттера T_1 — резистор сопротивлением 10—15 Ом для создания отрицательной обратной связи по переменному току с целью уменьшения перекрестных искажений в УВЧ.

В промышленных приемниках с характеристиками, соответствующими требованиям IV класса ГОСТ, и в радиолюбительских приемниках без диапазона КВ обычно применяют преобразователи с совмещенным гетеродином. Типовая схема

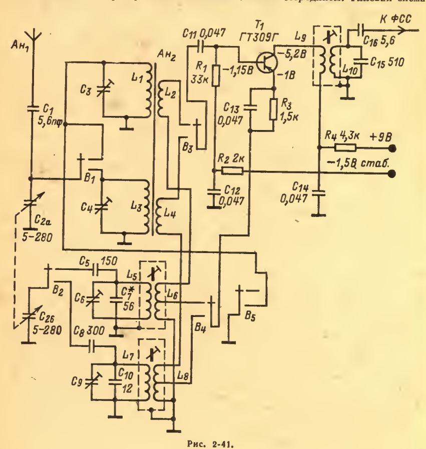


Рис. 2-41.

такого преобразователя приведена на рис. 2-41. Транзистор преобразователя для напряжения сигнала включен по схеме ОЭ, а в гетеродине по схеме ОК.

Напряжение сигнала с катушки связи с входным контуром, включенной последовательно с катушкой связи с гетеродином, подводится к базе транзистора T_1. Для частоты входного сигнала катушка связи с контуром гетеродина, настроенным на другую частоту, представляет малое сопротивление и сигнал практически без потерь достигает база-эмиттер преобразователя. В свою очередь для токов гетеродина катушка связи с входным контуром также представляет малое сопротивление и практически не мешает его работе. Контур ПЧ, включенный через катушку связи L_9 в цепь коллектора транзистора, для частот гетеродина

также представляет относительно малое сопротивление. Однако возникающее на нем напряжение ПЧ модулирует напряжение частоты гетеродина частотами, кратными ПЧ. Эти комбинационные частоты совместно с гармониками гетеродина создают интерференционные свисты при приеме радиостанций тем в большей степени, чем хуже подобран режим работы преобразователя. Для лучшей работы преобразователя связь его коллекторной цепи с контуром ПЧ необходимо делать минимальной для получения номинальной чувствительности приемника.

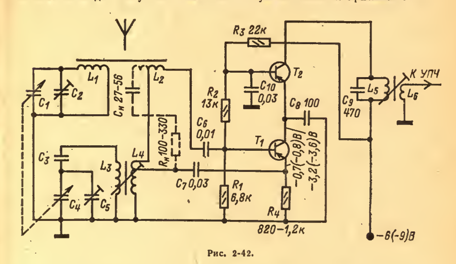


Рис. 2-42.

В радиолюбительских конструкциях приемников возможно применение различных преобразователей частоты, отличающихся друг от друга некоторыми особенностями, которые делают тот или иной вариант предпочтительней в зависимости от предъявляемых к приемнику требований.

В приемниках, к которым предъявляются требования простоты налаживания, целесообразно применение каскодных схем в УПЧ и преобразователе; в этом случае необходимое усиление может быть получено при использовании всего лишь двух каскадов. Это обстоятельство важно и тем, что при этом отсутствуют вредные связи через цепи питания, тогда как трехкаскадные усилители при недостаточной фильтрации по цепям питания склонны к самовозбуждению. Кроме того, применение каскодных схем позволяет уменьшить число отводов от контурных катушек, даже если применяются фильтры ПЧ с большим резонансным сопротивлением, вызванным применением в их контурах конденсаторов сравнительно небольшой емкости (470—270 пФ) и, следовательно, малых габаритов.

На рис. 2-42 приведена схема каскодного преобразователя частоты с совмещенным гетеродином. Здесь транзистор T_1 используется для преобразования частоты, причем для входного сигнала он включен по схеме ОЭ, а в гетеродине — по схеме ОК. Транзистор T_2 усиливает напряжение ПЧ в схеме ОБ, благодаря малой проходной емкости которой возможно включение в цепь коллектора контура с высоким резонансным сопротивлением. В отличие от предыдущей схемы ток гетеродина здесь не протекает через контур ПЧ, а замыкается через входную емкость транзистора T_2 и конденсатор C_8. Благодаря этому уменьшаются интерференционные свисты за счет меньшей модуляции напряжения гетеродина сигналом ПЧ и его гармониками. Конденсатор C_8 емкостью 100 пФ представляет для промежуточной частоты сопротивление около 3000 Ом и практически не

шунтирует входную цепь транзистора T_2, входное сопротивление которого имеет порядок 60—30 Ом, а на частотах, близких к $f_{гр}$, облегчает условия возникновения генерации в гетеродине.

Такой преобразователь при применении нейтрализации входной емкости для исключения связи между входным и гетеродинным контурами может быть использован и в диапазоне КВ вплоть до частот 15—20 МГц.

Цепь нейтрализации, применяемая только в диапазоне КВ, на схеме изображена пунктиром. Конденсатор $C_н$ лучше выполнять в виде подстроечного. Точное значение его емкости устанавливается при налаживании по минимуму проникания напряжения гетеродина во входной контур или (при отсутствии высокочастотного милливольтметра) по минимуму реакции настройки входного контура на частоту гетеродина.

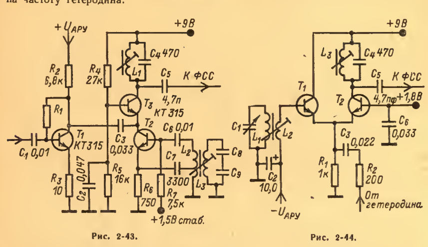


Рис. 2-43. Рис. 2-44.

На рис. 2-43 изображена схема преобразователя с отдельным гетеродином. Режим преобразователя частоты определяется общим для транзисторов T_2 и T_3 током, и поэтому устанавливается автоматически близким к оптимальному после установления режима генерации. Для устойчивой работы гетеродина (особенно на КВ) при изменении питающего напряжения и окружающей температуры цепь базы транзистора T_2 желательно питать от стабилизированного источника. Так как преобразователь выполнен по схеме ОБ, то для согласования его низкоомного входа с входным контуром обязательно применение каскада УВЧ на транзисторе T_1. Этот каскад желательно охватить АРУ для предотвращения перегрузки преобразователя при приеме сильных сигналов.

На рис. 2-44 приведена еще каскодная схема преобразователя, отличающаяся тем, что ее коэффициент усиления значительно изменяется при подведении напряжения АРУ.

Для переменного тока входного сигнала транзистор T_1 включен по схеме ОК, а транзистор T_2 — по схеме ОБ. Этим обеспечиваются сравнительно высокие входное и выходное сопротивления. Для переменного тока гетеродина оба транзистора включены по схеме ОБ. Для постоянного тока оба транзистора включены по схеме ОЭ и образуют дифференциальный усилитель. Максимальное усиление преобразователя получается при балансе дифференциального усилителя, т. е. тогда, когда токи коллекторов обоих транзисторов равны. При подведении к базе транзистора T_1 положительного или к базе транзистора T_2 отрицательного (по отношению к имеющемуся) напряжения, коллекторный ток T_1 возрастает, а T_2 уменьшается. Одновременно уменьшается крутизна

характеристики транзистора T_2 и, следовательно, усиление каскада ОБ. Коэффициент передачи каскада с транзистором, включенным по схеме ОК, почти не изменяется, так как крутизна его характеристики не может возрасти более чем в 2 раза, в то время как крутизна второго каскада падает неограниченно. Общий коэффициент усиления при регулировке может изменяться в 1000—2000 раз при изменении напряжения на базе транзистора T_1 на 100—200 мВ. Это обстоятельство дает возможность применять такой преобразователь в качестве единственного регулируемого каскада в схеме приемника. Так как режим транзистора T_1 изменяется не более чем в 2 раза и в сторону увеличения его тока коллектора, то преобразователь при правильно выбранной амплитуде напряжения гетеродина обладает малым коэффициентом нелинейных искажений при значительных уровнях входного сигнала.

Количество дополнительных каналов приема в сильной степени зависит от значения напряжения гетеродина, подводимого к эмиттерам транзисторов преобразователя. Это напряжение может быть подобрано изменением сопротивления резистора R_2. Однако следует иметь в виду, что значительное увеличение сопротивления R_2 может привести к самовозбуждению каскада с ОК. Оптимальное эффективное напряжение гетеродина на эмиттерах преобразователя (с точки зрения минимума дополнительных каналов приема) лежит в пределах 20—30 мВ.

Рис. 2-45.

Преобразователь, выполненный по схеме рис. 2-45, не требует подбора напряжения гетеродина, так как его режим устанавливается автоматически в результате последовательного питания с транзисторами гетеродина. Одновременно достигается высокая экономичность, играющая существенную роль в переносных приемниках с питанием от батарей. Однако при таком способе питания возможно изменение напряжения питания гетеродина при работе АРУ, приводящее к уходу его частоты, особенно при работе на КВ. Поэтому такой преобразователь необходимо использовать в приемнике, где обеспечено поддержание напряжения на эмиттерах транзисторов T_1 и T_2 с большой точностью.

Гетеродин на двух транзисторах почти не отличается от гетеродинной части микросхемы К2ЖА371. Основные отличия заключаются в способе питания транзистора T_3 и наличии резистора R_2. Этот резистор необходим только при появлении нежелательной прерывистой генерации, которая может возникнуть при применении транзисторов с излишне большим значением $f_{гр}$. Сопротивление этого резистора определяется экспериментальным путем и лежит в пределах от нуля до нескольких сотен ом.

При использовании в качестве T_1 и T_2 кремниевых транзисторов типа КТ315 или транзисторной сборки К2НТ012 реальная чувствительность приемника с таким преобразователем частоты достигает с базы T_1 4 мкВ. Улучшение чувствительности возможно за счет применения менее шумящих транзисторов, например ГТ322. Естественно, что в этом случае все транзисторы высокочастотного тракта приемника должны быть одного типа проводимости. В гетеродине в этом случае

возможно применение транзисторов ГТ309, ГТ308 или П422, а в УПЧ — применение схемы рис. 2-28, *б*.

В приемниках высокого класса целесообразно применение преобразователей частоты на полевых транзисторах. Основным достоинством полевых транзисторов при работе в частотно-преобразовательных каскадах приемников является близкая к квадратичной зависимость тока стока от напряжения на затворе, при которой отсутствуют нежелательные продукты преобразования. В преобразователе на схеме рис. 2-46 возможно применение как транзисторов КП102 (на частотах до 1,5 МГц), так и транзисторов с изолированным затвором (МОП-транзисторов КП305). Для получения хороших результатов, по основному для приемников

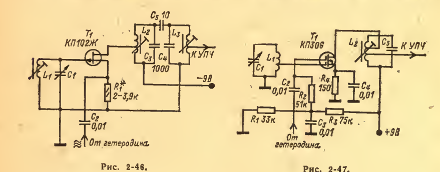


Рис. 2-46.

Рис. 2-47.

высокого класса параметру — линейности преобразователя — затвор транзистора T_1 необходимо подключать к части входного контура, несмотря на то что входное сопротивление транзистора позволяет осуществить полное включение.

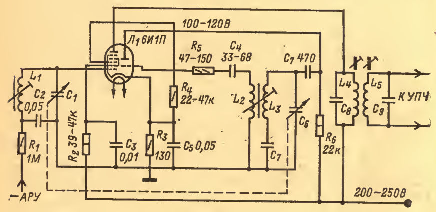


Рис. 2-48.

Коэффициент включения в контур может быть в 2—3 раза больше, чем при использовании биполярного транзистора для улучшения отношения сигнал/шум. При коэффициенте включения, в 10—20 раз больше, чем для биполярного транзистора, преимущества полевого транзистора исчезают.

Напряжение гетеродина для нормальной работы преобразователя на полевом транзисторе должно лежать в пределах 1,2—1,5 В.

Для уменьшения влияния входных цепей на работу гетеродина целесообразно применение преобразователя по схеме рис. 2-47 на двухзатворном полевом транзисторе КП306. Такой преобразователь может применяться как в диапазонах ДВ, СВ, КВ, так и в диапазоне УКВ. При необходимости преобразователь может быть охвачен АРУ. Для этого регулирующее напряжение подводится ко второму затвору транзистора. Напряжение на первом затворе транзистора подбирается по наилучшим характеристикам линейности или максимальному коэффициенту преобразования. Напряжение гетеродина (как и в предыдущей схеме) лежит в пределах 1,2—1,5 В. Коэффициент включения цепи стока для обеих схем рассчитывают по формуле, приведенной в общей части этого параграфа для конкретного типа применяемого транзистора.

Преобразователи частоты на электронных лампах

Схемы преобразователей частоты ламповых приемников для диапазонов ДВ, СВ и КВ однотипны, поскольку в них обычно применяется многосеточная комбинированная частотно-преобразовательная лампа — триод-гептод 6И1П (рис. 2-48).

Рис. 2-49.

В диапазоне УКВ распространены преобразователи с совмещенным гетеродином, работающим, как правило, на второй гармонике частоты гетеродина. В таких преобразователях применяется мостовая цепь, состоящая из входной емкости лампы, двух половин катушки L_3 и конденсатора C_6 (рис. 2-49). Включение контура L_1C_1, настроенного на частоту принимаемого сигнала, в диагональ моста препятствует появлению на нем напряжения с частотой гетеродина.

Расчет сопряжения контуров супергетеродинного приемника

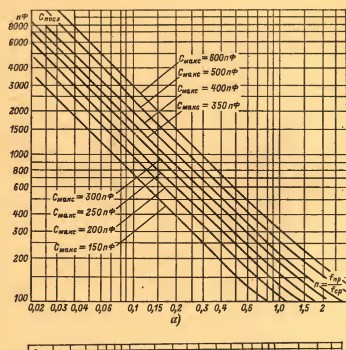
После определения параметров элементов входного контура и других сигнальных контуров приемника, настраиваемых переменными конденсаторами, производят расчет сопряжения контуров в следующем порядке.

1. Вычисляют отношение $f_{ПЧ}/f_{ср}$, где $f_{ПЧ}$ промежуточная частота; $f_{ср} = 0,5\,(f_{макс} + f_{мин})$; $f_{ср}$, $f_{макс}$ и $f_{мин}$ — средняя, максимальная и минимальная частоты данного диапазона, и по графику на рис. 2-50, *а* определяют емкость последовательного конденсатора $C_{посл}$ контура гетеродина.

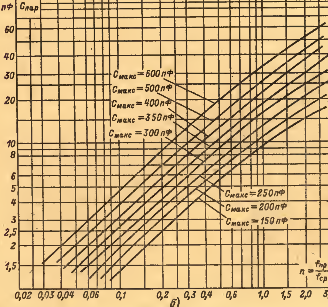
2. По графику на рис. 2-50, *б* находят емкость параллельного сопрягающего дополнительного конденсатора $C_{пар}$ в контуре гетеродина.

3. По графику на рис. 2-50, *в* определяют коэффициент α, выражающий отношение индуктивности катушки контура гетеродина к индуктивности катушки входного контура, и вычисляют индуктивность катушки контура гетеродина.

Конструктивный расчет катушек контура гетеродина можно выполнить, пользуясь формулами и графиками из § 1-1.


пФ
$C_{посл}$
8000
6000
4000
3000
2000
1500
1000
800
600
400
300
200
100
$C_{макс}=600\,пФ$
$C_{макс}=500\,пФ$
$C_{макс}=400\,пФ$
$C_{макс}=350\,пФ$
$C_{макс}=300\,пФ$
$C_{макс}=250\,пФ$
$C_{макс}=200\,пФ$
$C_{макс}=150\,пФ$
$n=\frac{f_{пр}}{f_{ср}}$
0,02 0,03 0,04 0,06 0,1 0,15 0,2 0,3 0,4 0,6 1,0 1,5 2

а)


пФ
$C_{пар}$
60
40
30
20
10
8
6
5
4
3
2,5
2
1,5
$C_{макс}=600\,пФ$
$C_{макс}=500\,пФ$
$C_{макс}=400\,пФ$
$C_{макс}=350\,пФ$
$C_{макс}=300\,пФ$
$C_{макс}=250\,пФ$
$C_{макс}=200\,пФ$
$C_{макс}=150\,пФ$
$n=\frac{f_{пр}}{f_{ср}}$
0,02 0,03 0,04 0,06 0,1 0,2 0,3 0,4 0,6 1,0 1,5 2,0 3,0

б)

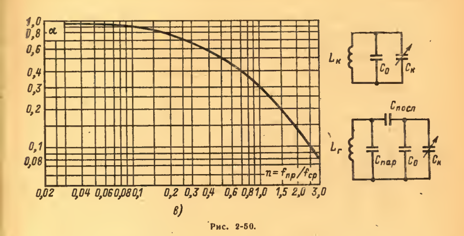


Рис. 2-50.

2-6. БЛОКИ УКВ

Транзисторные блоки УКВ

Транзистор T_1, включенный по схеме ОБ (рис. 2-51), работает в каскаде усиления ВЧ. На входе этого каскада имеется широкополосный симметрирующий трансформатор L_1L_2, намотанный в два провода на сердечнике ⌀2,8 мм из феррита

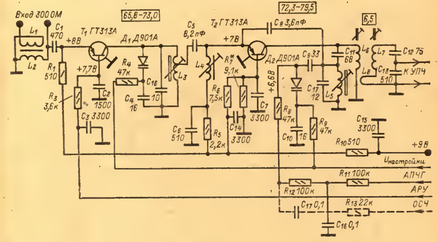


Рис. 2-51.

марки 55НН (2 × 4 витка). В коллекторную цепь транзистора T_1 включен перестраиваемый контур $L_3Д_1C_4C_{16}$, связанный со входом преобразователя частоты с совмещенным гетеродином, выполненного на транзисторе T_2. Последний также включен по схеме ОБ. Настройка контура гетеродина $L_5C_9Д_2C_{10}C_{17}$ осуществляется изменением управляющего напряжения на варикапе $Д_2$ в пределах

3—10 В, которое поступает от потенциометра настройки и с частотного детектора приемника (см. стр. 125).

Контур L_4C_6 настроен на промежуточную частоту, так же как и двухконтурный фильтр L_6C_{11}, L_7L_6, C_{12}, C_{13}. Сопряжение ВЧ контуров осуществляется изме-

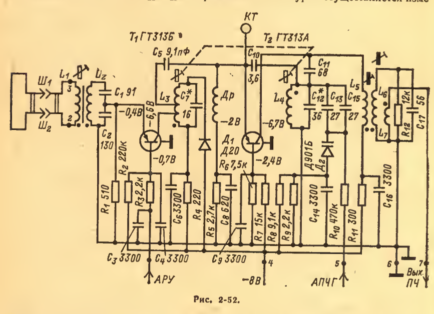


Рис. 2-52.

нением расстояния между витками катушек L_3 и L_5 и подбором емкостей конденсаторов C_{16} и C_{17}.

Данные катушек: L_3 и L_5 содержат по 6 витков провода диаметром 0,8 мм; L_7 и L_6 — по 27 витков провода диаметром 0,12 мм, на каркасах диаметром 6 мм; L_4 — 20 витков провода ПЭВ-2 на резисторе МЛТ-0,25 $>$ 10 кОм.

При установке блока УКВ в приемник с использованием принципа обратной связи по частоте напряжение НЧ подводится к диоду $Д_2$ через резистор R_{13} и конденсатор C_{17} с потенциометра, включенного параллельно выходу частотного детектора.

Для предотвращения перегрузки преобразовательного каскада сигналами с большим уровнем, на базу транзистора T_1 подают напряжение АРУ. При отсутствии АРУ напряжение на базу транзистора T_1 подается с делителя, состоящего из двух резисторов с сопротивлениями 3,6 и 6,8 кОм; делитель подключен к источнику коллекторного питания.

Подвижные контакты потенциометров, применяемых для настройки блоков УКВ, должны иметь хороший контакт и не изменять положения от воздействия толчков и тряски при переноске приемника. Напряжение питание блока УКВ и напряжение, применяемое для настройки, должны быть стабилизированы.

Блоки УКВ приемников «Рига-101» — «Рига-103» изготовляются в двух вариантах: с симметричным 300-омным входом для подключения УКВ диполя (рис. 2-52) и с несимметричным 75-омным входом для подключения штыревой антенны. На входе блока имеется резонансный контур $L_2C_1C_2$, сильно нагруженный входным сопротивлением транзистора УВЧ T_1, включенным по схеме ОБ. Этот контур настроен на среднюю частоту диапазона УКВ (около 69 МГц). Контур L_3C_7 в коллекторной цепи УВЧ и контур гетеродина $L_4C_{12}C_{13}C_{14}C_{15}Д_2$ пере-

страиваются перемещением латунных сердечников соответствующих катушек. Варикап $Д_2$ в контуре гетеродина служит для АПЧГ. Обратная связь в гетеродине на транзисторе T_2 емкостная с помощью конденсатора C_{10}. Дроссель $Др$ совместно с конденсатором C_8 образует режекторный фильтр ПЧ. Для уменьше-

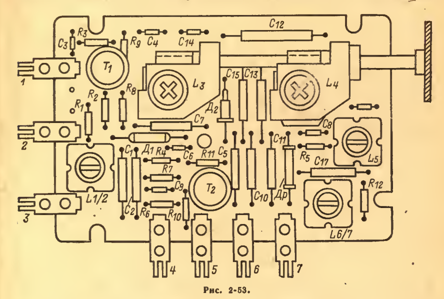


Рис. 2-53.

ния перегрузки при приеме сильных сигналов параллельно контуру УВЧ включен ограничивающий диод $Д_1$. Расположение деталей на монтажной плате блока показано на рис. 2-53.

Ламповый блок УКВ радиолы «Ригонда»

Симметричный диполь соединен кабелем с широкополосным входным трансформатором блока УКВ, состоящим из катушек L_1 и L_2 (рис. 2-54). Вторичный контур трансформатора настроен на среднюю частоту радиовещательного УКВ диапазона (69 МГц). Левый по схеме триод лампы 6Н3П работает в каскаде УВЧ. В его анодную цепь включен контур $L_3C_6C_7$, настраиваемый на частоту принимаемого сигнала изменением индуктивности катушки с помощью подвижного сердечника. Контур этот индуктивно связан с цепью сетки преобразователя частоты на втором триоде лампы $Л_1$ — 6Н3П. L_4 является катушкой обратной связи. Один из конденсаторов контура L_5 C_9C_{11} должен иметь отрицательные ТКЕ для обеспечения стабильности частоты гетеродина. На выходе преобразователя включен двухконтурный фильтр $L_6C_{12}L_6C_{14}$. Контуры его связаны индуктивно витком L_7.

На рис. 2-55 показано расположение основных деталей блока УКВ «Ригонда».

С подобным блоком можно сконструировать радиовещательный приемник с диапазоном УКВ, используя в его усилителе промежуточной частоты ФПЧ на 6,5 МГц, применяемые, например, в тракте звукового сопровождения телевизора.

Для осуществления АПЧГ конденсатор C_9 нужно заменить цепью по схеме на рис. 2-56. При этом перестройка гетеродина осуществляется варикапом Д901, емкость которого зависит от значения поступающего на него управляющего напряжения.

На рис. 2-57 изображена схема блока УКВ для высококачественного приемника. УВЧ выполнен на двухзатворном полевом транзисторе T_1, охваченном

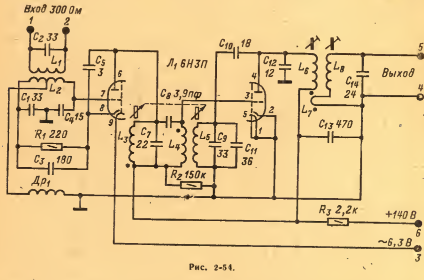


Рис. 2-54.

по второму затвору АРУ. Между УВЧ и преобразователем включен полосовой фильтр, повышающий селективность по зеркальному каналу приема и уменьшающий перекрестные помехи. В целях уменьшения перекрестных помех контуры УВЧ настраиваются конденсаторами переменной емкости, а не варикапами. Для уменьшения влияния антенной цепи и сигнала (при больших его уровнях) на стабильность частоты гетеродина преобразователь выполнен также на двухзатворном транзисторе и не охвачен АРУ. Гетеродин выполнен на биполярном транзисторе

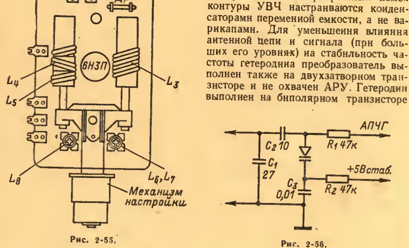


Рис. 2-55.

Рис. 2-56.

той же структуры, что и полевые, с индуктивной связью со стороны эмиттера и емкостной со стороны базы. Напряжение гетеродина на второй затвор

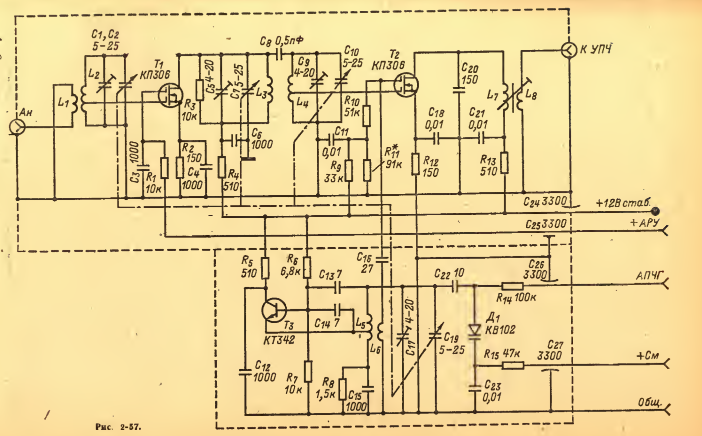

Ан
L1
L2
C1, C2 5–25
T1 КП306
C3 1000
R1 10к
R2 150
C4 1000
R3 10к
C5 4–20
C7 5–25
L3
C6 1000
R4 510
C8 0,5пФ
C9 4–20
L4
C10 5–25
T2 КП306
R10 51к
C11 0,01
R9 33к
R11* 91к
C20 150
C18 0,01
C21 0,01
R12 150
R13 510
L7
L8
К УПЧ
C24 3300
+12В стаб.
C25 3300
+АРУ
R5 510
R6 6,8к
C13 7
C16 27
C22 10
C26 3300
АПЧГ
R14 100к
T3 КТ342
C14 7
L5
L6
C17 4–20
C19 5–25
Д1 КВ102
R15 47к
C27 3300
+См
C12 1000
R7 10к
R8 1,5к
C15 1000
C23 0,01
Общ.

Рис. 2-57.

преобразователя подается с катушки связи, намотанной на одном каркасе с катушкой гетеродина. Катушки контуров УВЧ бескаркасные.

АПЧГ осуществляется с помощью варикапа $Д_1$. Счетверенный блок КПЕ изготовляют из деталей двух КПЕ от приемника «Рига-302». Все катушки ВЧ с внутренним диаметром намотки 5 мм. Они намотаны проводом ∅ 1 мм и имеют шаг намотки 1 мм: L_2 — L_4 по 5 витков с отводами от первого витка, считая снизу по схеме; L_1 — 1 виток ПЭШО 0,3 мм между витками L_2; L_5 — 5 витков с отводом от первого витка намотана голым медным посеребренным проводом с шагом 1 мм; L_6 — 1—3 витка ПЭШО 0,3 мм, между витками L_5 (количество витков уточняется при регулировке режима преобразователя частоты).

Контур ПЧ намотан на полистироловом каркасе ∅ 6 мм с подстроечным сердечником из феррита М100НН-2СС-2 ∅2,86 мм; число витков катушки L_7 — 9 провода ПЭВ-2 ∅0,2 мм; L_8 — 2 того же провода.

Напряжение питания блока УКВ должно быть стабилизировано.

После достижения момента возникновения генерации гетеродина путем подбора места отвода от катушки L_5 и изменения емкости конденсатора C_{13} подгоняют границы диапазона принимаемых частот перемещением витков катушки L_5 и вращением подстроечного конденсатора C_{17}. Затем перемещением витков катушек L_4, L_3, L_2 и подстроечными конденсаторами C_9, C_5 и C_1 в указанной последовательности сопрягают контуры УВЧ с гетеродином. Монтаж блока УКВ необходимо выполнять так, чтобы избежать паразитных связей входного контура с полосовым фильтром и входного контура с контуром гетеродина. При необходимости получения высокой чувствительности приемника (до 1 мкВ) целесообразно размещение первого каскада УПЧ в экране блока УКВ, так как при большом числе каскадов и высокой промежуточной частоте (10,7 МГц) возможно самовозбуждение УПЧ. Напряжение АРУ может быть получено (см. § 2-9) или путем детектирования сигнала ПЧ после второго-третьего каскадов ПЧ; в последнем случае постоянная времени фильтра цепи АРУ должна быть 0,05—0,1 с.

При неправильной работе системы АПЧГ необходимо в детекторе изменить полярность выходного напряжения АПЧ путем изменения подсоединения концов катушки связи с первым контуром фазосдвигающего трансформатора ПЧ.

2-7. КОНВЕРТОРЫ ДЛЯ ПРИЕМА КОРОТКИХ ВОЛН

Конвертор для преобразования частот диапазона КВ в диапазон СВ (или ДВ) обычно выполняется в виде приставки к приемнику, не имеющему диапазона КВ. Иногда возможно применение встроенного конвертора — дополнительного преобразователя, работающего только в диапазоне КВ, как, например, блок УКВ, который включается только при работе приемника на диапазоне УКВ. Наиболее часто конверторы применяются для работы с автомобильными приемниками. Благодаря некоторым особенностям автомобильных приемников конверторы хорошо сопрягаются с ними без каких-либо переделок в приемнике, а схемы конверторов отличаются простотой.

На рис. 2-58 приведена схема коротковолновой приставки, выпускаемой серийно, для работы с автомобильными приемниками А-271. Для некоторого упрощения схемы в ней показана коммутация катушек только для двух диапазонов (49 и 25 м); коммутация катушек любого другого растянутого диапазона КВ не отличается от приведенной.

В базовой цепи транзистора T_1 включен один из входных контуров, частоты настройки и полосы пропускания которых соответствуют средним частотам и ширине полосы растянутых КВ диапазонов, выделенных для радиовещания (см. табл. 2-4). В данном примере $f_{ср.вх} = 6{,}1$ МГц и 11,8 МГц при полосе пропускания около 400 кГц. Частоты настройки контуров гетеродина отличаются от средней частоты настройки соответствующих входных контуров на 1 МГц (для данного примера $f_г = 7{,}1$ и 12,8 МГц соответственно). В результате на резисторе нагрузки (независимо от того на каком из поддиапазонов ведется прием)

будут выделяться напряжения разностных частот $f_p = f_г - (f_{ср.вх} \pm \Delta f)$. Таким образом, частоты растянутых КВ диапазонов будут понижены до частот среднего участка диапазона СВ; при этом настройка на требуемую радиостанцию КВ осуществляется при помощи ручки настройки автомобильного приемника, включенного на диапазон СВ. Благодаря хорошей экранировке автомобильного приемника, экранирующему действию корпуса автомобиля и резонансным свойствам входного контура конвертора прием радиостанций в диапазоне СВ при работе

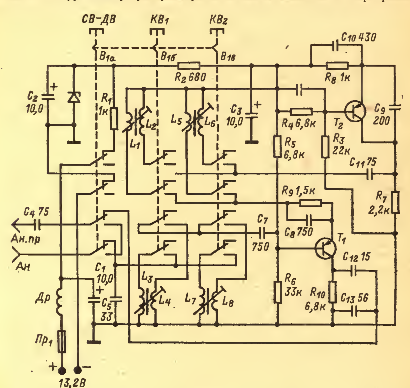


Рис. 2-58.

с конвертором практически невозможен. Переключение на диапазон СВ осуществляется нажатием кнопки В1, *а*. При этом антенна отключается от входа конвертора и подключается к приемнику; одновременно выключается питание конвертора. Для сохранения правильности настройки входного контура приемника при присоединении приставки в схему конвертора введены конденсаторы C_4 и C_{13}, компенсирующие удлинение кабеля антенны при работе на диапазоне СВ и укорочение кабеля от приставки к приемнику при работе на КВ. Для повышения стабильности частоты гетеродина он выполнен с емкостной обратной связью, а питание стабилизировано с помощью стабилитрона $Д_1$.

Применение КВ приставки по такой схеме с приемником, рассчитанным для работы с ферритовой антенной в диапазоне СВ невозможно, так как в вечерние часы наряду с радиостанциями диапазона КВ будут приниматься радиостанции диапазона СВ, что приведет к взаимным помехам. Поэтому для нормальной

работы конвертора с приемником, имеющим ферритовую антенну, необходимо либо переключение катушек во входном контуре (подключение вместо катушки ферритовой антенны катушки в отдельном экране, предотвращающем наведение э. д. с. от мощных местных СВ радиостанций), либо подсоединение к контуру ферритовой антенны дополнительных элементов, перестраивающих его в диапазон зеркальных по отношению к СВ частот (1,45 — 2,53 МГц), в котором нет мощных радиовещательных радиостанций. Первый путь обычно применяется при выполнении конвертора в виде составной части приемника, т. е. в приемниках с двойным преобразованием частоты. Второй путь применим для выполнения конвертора как в виде приставки к приемнику с ферритовой антенной, так и в качестве встроенного первого преобразователя в приемнике с двойным преобразованием.

На рис. 2-59 приведена схема конвертора, отличающаяся от схемы на рис. 2-58 тем, что вместо кнопочного переключателя для настройки входного и гетеродинного контуров применяется малогабаритный КПЕ, а на выходе включены элементы L_6, C_{10}, C_{11}, переводящие настройку входного контура приемника в диапазон зеркальных частот. С помощью КПЕ конвертора производится грубая настройка на середину желаемого РВ диапазона КВ, а плавная настройка осуществляется органом настройки РВ приемника, к которому подключен конвертор.

При выбранном среднем значении первой промежуточной частоты (2,3 МГц) настройки контуров $L_1C_2C_4$ и $L_3C_5C_6C_3$ достаточно удалены друг от друга, поэтому появилась возможность совместить функции преобразователя частоты и гетеродина в одном транзисторе. Стабильность частоты гетеродина при изменении напряжения источника питания поддерживается за счет стабилизации напряжения базового смещения транзистора T_1. При настройке конвертора совместно с приемником его выход подсоединяется непосредственно к катушке входного контура диапазона СВ (для подключения конвертора необходимо в приемнике заранее сделать вывод этой точки и общего провода на гнезда для подключения), после чего производят сопряжение настроек этого контура с контуром гетеродина приемника в диапазоне частот 1450—2530 кГц изменением индуктивности катушки L_6 и емкости конденсатора C_{11} в начале и конце диапазона. Затем приемник

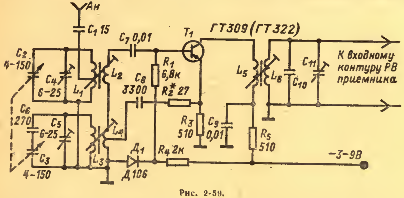


Рис. 2-59.

настраивают на частоту 1,2—1,3 МГц (по шкале), что соответствует среднему значению первой ПЧ, и производят сопряжение настроек контуров конвертора после подгонки граничных частот его гетеродина обычным способом.

В качестве транзистора T_1 возможно применение например ГТ322. Катушки входного и гетеродинного контуров наматывают проводом ПЭЛШО 0,25 мм на гладких ферритовых сердечниках М100НН-2СС диаметром 2,86 мм и длиной 12 мм. Для диапазона 25—75 м катушка L_1 содержит 20 витков с отводом от 10-го витка L_2 — 4 витка, L_3 — 16 витков, L_4 — 1,5 + 3 витка. Сначала на

сердечник наматывают катушку L_1. Затем из нее удаляют сердечник и пропитывают раствором полистирола в дихлорэтане. После просушки на нее наматывают витки катушки L_2 (у того конца, который будет соединен с общим проводом). Катушки L_3 и L_4 изготовляют аналогично. После изготовления катушки приклеивают к монтажной плате клеем БФ-4. Сердечники вставляют в катушки после полной просушки. Катушку L_1 следует располагать на плате перпендикулярно катушке L_3. Катушку для сопряжения и связи с приемником L_6 наматывают на ферритовом броневом сердечнике типа Ч5 из феррита 600НН с подстроечным сердечником М600НН-2СС. Для приемника с индуктивностью входного контура 310 мкГ катушка L_6 имеет 3×12 витков, катушка связи L_5 — 10 витков.

При других значениях индуктивности входного контура СВ индуктивность катушки L_6 следует выбирать примерно равной 11% индуктивности входного контура, а емкость конденсатора C_{10} — примерно равной 3% максимальной емкости КПЕ РВ приемника. Такие значения элементов позволят произвести сопряжение с помощью подстроечного сердечника L_6 и подстроечного конденсатора C_{11}. Сопротивление резистора R_4 подбирают в пределах от 1 до 7,5 кОм в зависимости от напряжения питания конвертора.

2-8. УСИЛИТЕЛИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Транзисторные УПЧ

Входные сопротивления транзисторов, шунтируя резонансные контуры, уменьшают их добротность, что снижает избирательность приемника. Поэтому требуемую избирательность часто обеспечивают, применяя на входе УПЧ фильтры сосредоточенной селекции (ФСС), а необходимое для нормальной работы детек-

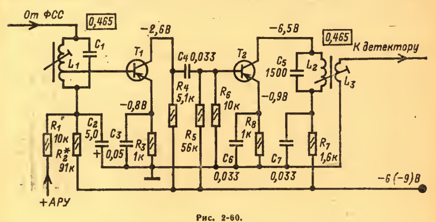


Рис. 2-60.

торного каскада усиление получают в широкополосном усилителе. В широкополосных УПЧ можно использовать схемы, приведенные в § 2-4. Однако нужно учитывать, что напряжение гетеродина, проникшее на вход широкополосного усилителя, может перегрузить его, а при наличии системы АРУ сильно уменьшить его усиление или вызвать релаксационные колебания в системе АРУ—УПЧ. Поэтому необходимо тщательно экранировать входные цепи широкополосного УПЧ от цепей гетеродина.

На рис. 2-60 приведена схема УПЧ, применяемая в промышленных приемниках. Контур L_2C_5 на выходе усилителя сужает полосу пропускания второго

каскада до 80—40 кГц. Относительно небольшое нагрузочное сопротивление первого каскада обеспечивает устойчивую работу обоих каскадов при значительных проходных емкостях транзисторов.

Таблица 2-5

Данные контуров комбинированного ФПЧ АМ/ЧМ

Контур	Тип провода	Число витков	Индуктивность, мкГ	Добротность
L_1L_3	ПЭВ-2 0,12	26	9,2	80*
L_2	ПЭВ-2 0,12	1	—	—
L_4L_6	ПЭВ-2 5×0,06	3×32	118	110**
L_5	ПЭЛШКО 0,15	1,5+1	2	—

* При f = 6,5 МГц.
** При f = 465 кГц.

Модификация этой схемы, представленная на рис. 2-61 (аналогичная рис. 2-30) обеспечивает высокую устойчивость против самовозбуждения при недостаточно эффективной экранировке транзисторов. Кроме того, в этой схеме значительно эффективнее действие АРУ за счет одновременного уменьшения крутизны характеристики обоих транзисторов и применения УПТ в АРУ на транзисторе T_3.

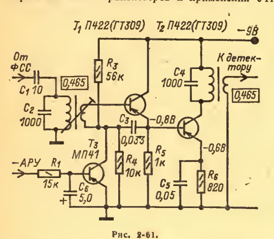


Рис. 2-61.

LC-фильтры сосредоточенной селекции. Их катушки индуктивности размещены в броневых ферритовых сердечниках (табл. 2-5). Последние заключены в индивидуальные экраны. При намотке катушек проводом, скрученным из 3—7 изолированных жил диаметром 0,05—0,07 мм, их добротность на частоте 465 кГц может достигать 150—250.

Пьезокерамические многозвенные фильтры (табл. 2-6) обладают малым затуханием в полосе пропускания, а их частотные характеристики имеют крутые скаты. Однако затухание этих фильтров за пределами полосы пропускания возрастает не монотонно. Вследствие этого необходимо включать перед фильтром резонансный контур, который одновременно служит трансформатором, согласующим выходное сопротивление преобразователя частоты с входным сопротивлением фильтра $R_{вх}$.

Применять пьезокерамические фильтры без резонансного *LC*-контура невозможно из-за наличия в амплитудно-частотной характеристике фильтров паразитных полос пропускания, приводящих к резкому снижению селективности в диапазоне СВ. Частотная характеристика одного из образцов фильтра ФП1П-023 приведена на рис. 2-62. Показанная на этом рисунке слева характеристика затухания может быть получена при тщательном согласовании пьезокерами-

ческого фильтра со стороны входа и выхода, которое осуществляется подбором режима транзистора УПЧ, сопротивления резистора R_1 и места отвода от контурной катушки (рис. 2-63).

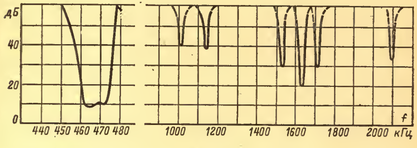


Рис. 2-62.

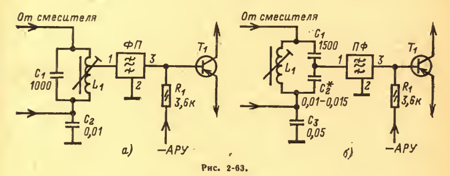


Рис. 2-63.

Коэффициент включения фильтра в контур

$$p=\sqrt{\frac{R_{\text{вх}}}{R_{oe}}},$$

где $R_{\text{вх}}$ — входное сопротивление фильтра (табл. 2-7).

Таблица 2-6

Данные контуров для промежуточной частоты 465 кГц

Тип сердечника	Число витков катушки при емкости конденсатора, пФ		
	270	510	1000
Броневой карбонильный СБ-12а	145	110	80
Броневой карбонильный СБ-9а	150	115	82
Броневой ферритовый Ч5	130	99	72
Кольцевой ферритовый М600НН-К7 × 4 × 2, зазор 2 × 0,05 мм	125	89	61

Таблица 2-7

Основиые характеристики пьезокерамических фильтров

Параметр	ФП1П-011, ФП1П-015	ФП1П-013, ФП1П-017	ФП1П-022	ФП1П-023
Средняя частота полосы пропускания, кГц . . .	465 ± 2	465 ± 2	465 ± 2	465 ± 2
Полоса пропускания по уровню 6 дБ, кГц . . .	$8{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	11,5 ± 2	$12{,}5^{+2}_{-2}$	$9{,}5^{-1{,}5}_{+2{,}0}$
Селективность при расстройке от средней частоты ± 9 кГц, дБ, не менее	12	9	26	40
Вносимое затухание в полосе пропускания, дБ, не более	4,5	4,5	9,5	9,5
Нагрузочное сопротивление, кОм:				
$R_{вх}$	2,0	2,0	2,0	2,0
$R_{вых}$	1,0	1,0	2,0	2,0

Продолжение табл. 2-7

Параметр	ФП1П-024	ФП1П-025	ФП1П-026	ФП1П-027
Средняя частота полосы пропускания, кГц . . .	465 ± 2	465 ± 2	465 ± 2	465 ± 2
Полоса пропускания по уровню 6 дБ, кГц . . .	$9{,}5^{-1{,}5}_{+2{,}0}$	$9{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	$8{,}5^{+2}_{-1{,}5}$	$9{,}5^{-1{,}5}_{+2}$
Селективность при расстройке от средней частоты ± 9 кГц, дБ, не менее	35	30	26	35
Вносимое затухание в полосе пропускания, дБ, не более	9,5	9,5	9,5	9,5
Нагрузочное сопротивление, кОм:				
$R_{вх}$	2,0	2,0	2,0	2,0
$R_{вых}$	2,0	2,0	2,0	2,0

Цепь АРУ может вызвать рассогласование фильтра, вследствие чего частотная характеристика фильтра в полосе пропускания деформируется. Это может создать заметные искажения при приеме сигналов радиостанций, создающих большую напряженность поля в месте приема. При использовании цепей АРУ с шунтирующим транзистором на входе каскада УПЧ (см. рис. 2-98) такие нежелательные явления не наблюдаются.

В УПЧ, выполненный по схеме рис. 2-28, керамический фильтр необходимо включать в УПЧ между двумя согласующими контурами с индуктивной или емкостной системой трансформации сопротивлений (рис. 2-64).

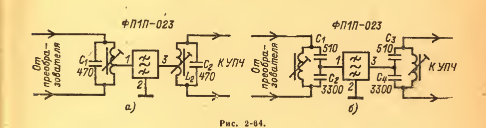


Рис. 2-64.

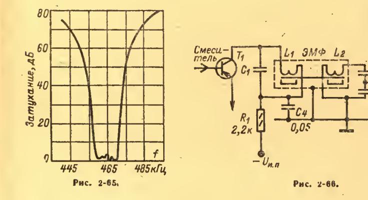


Рис. 2-65.

Рис. 2-66.

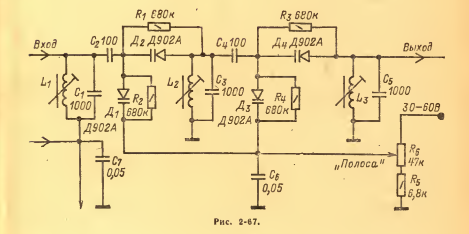


Рис. 2-67.

Электромеханические фильтры (табл. 2—8) работают без согласующих контуров, имеют несколько меньшие габариты и их характеристики (рис. 2-65) практически не искажаются работой системы АРУ. Схема включения фильтра в тракт ПЧ показана на рис. 2-66. Катушки L_1 и L_2 вместе с постоянными магнитами представляют входной и выходной преобразователи электрических колебаний в механические. Емкости конденсаторов C_1 — C_3 должны выбираться в соответствии с данными табл. 2-8 для каждого конкретного типа фильтра.

Таблица 2-8

Основные параметры электромеханических фильтров со средней частоты полосы пропускания 465 ± 1,5 кГц

Параметр	Тип фильтра			
	ЭМПФ-5-465-6	ЭМПФ-5-465-9	ЭМПФ-5-465-13	ЭМПФ-5-465-7
Ширина полосы пропускания на уровне — 3 дБ, кГц	5,6—6,4	8,4—9,6	12,2—13,8	6,5—7,5
Затухание на частоте ± 10 кГц, дБ, не менее	56	42	26	35
Неравномерность затухания в полосе пропускания, дБ, не более	2,5	3,0	3,5	4
Вносимое затухание в полосе пропускания, дБ, не более	8,5	7,0	8,0	14
Емкость настройки входного преобразователя, пФ	300	300	300	150
Емкость настройки выходного преобразователя, пФ	1500	2200	3300	40
Номинальное входное сопротивление, кОм	10	10	10	50
Номинальное нагрузочное сопротивление на выходе, кОм	1	1	1	10

ФСС с плавно изменяемой полосой пропускания (рис. 2-67). Для изменения полосы пропускания используется зависимость емкости варикапов связи $Д_2$ и $Д_4$ от значения подводимого напряжения. Варикапы $Д_1$ и $Д_3$ служат для компенсации изменения настройки фильтра; емкость их уменьшается при увеличении емкости варикапов связи. Напряжение, управляющее емкостью варикапов, должно быть стабилизировано. Настройку фильтра производят при минимальных емкостях варикапов связи $Д_2$ и $Д_4$ по максимальному напряжению на выходе фильтра или приемника.

Схема УПЧ без ФСС. При использовании в УПЧ транзисторов с малыми проходными емкостями (ГТ322, КТ339 и т. п.) можно получить устойчивое усиление, осуществляя межкаскадные связи с применением резонансных контуров. На рис. 2-68 приведена схема подобного УПЧ без ФСС, применяемая в портативных приемниках промышленного изготовления «Рига-301», «Этюд» и др.

Тракты усиления промежуточной частоты транзисторных приемников АМ и ЧМ обычно выполняют с резонансными межкаскадными контурами, но учитывая, что проходная емкость транзистора в схеме ОБ в несколько раз меньше, чем

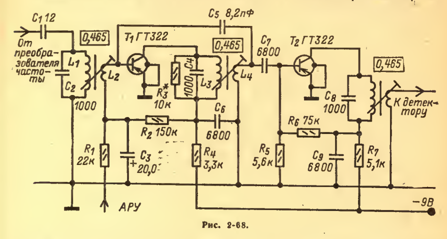


Рис. 2-68.

в схеме ОЭ, при усилении более высокой промежуточной частоты тракта ЧМ транзисторы иногда включают по схеме ОБ. На рис. 2-69 приведена схема УПЧ приемника АМ и ЧМ, в котором оба транзистора включены по схеме ОЭ в тракте АМ и по схеме ОБ в тракте ЧМ.

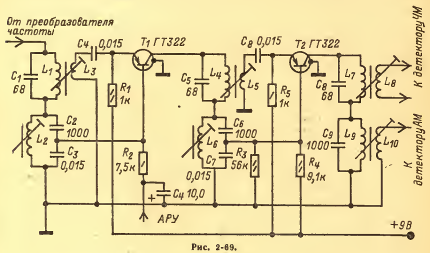


Рис. 2-69.

УПЧ приемников с диапазоном УКВ целесообразно выполнять по каскодной схеме. Контурные катушки ФПЧ тракта ЧМ обычно выполняют на четырехсекционных каркасах с подстроечными сердечниками из феррита 600НН, хотя возможно применение горшкообразных сердечников из феррита 600НН, добротность катушек в которых на частотах до 6,8 МГц достигает 30.

Для упрощения контурных катушек и их настройки целесообразно в приемниках АМ и ЧМ применять УПЧ с большим входным сопротивлением (рис. 2-32). Один из вариантов такой схемы приведен на рис. 2-70. Схема наиболее пригодна при переделке ламповых приемников на транзисторные.

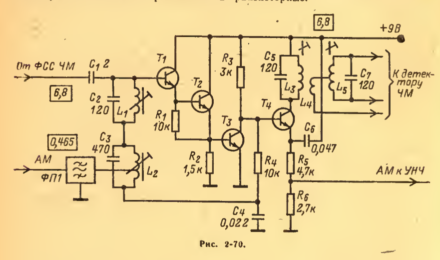


Рис. 2-70.

Ламповые УПЧ

Селективность ламповых приемников обычно обеспечивается применением двухконтурных ФПЧ в качестве элементов межкаскадных связей. Большие входное и выходное сопротивления электронных ламп не ухудшают добротность контуров ПЧ при весьма значительных резонансных сопротивлениях. Малая проходная емкость высокочастотных пентодов позволяет осуществлять полное

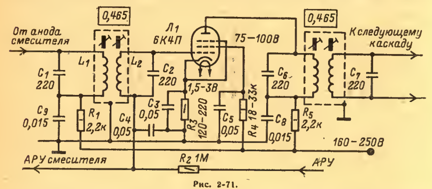


Рис. 2-71.

включение контуров с большими резонансными сопротивлениями в анодные и сеточные цепи ламп каскадов УПЧ; при этом усиление каскада достаточно велико при сравнительно малой крутизне характеристики электронной лампы (4—5 мА/В).

Типовая схема каскада усиления ПЧ приемника на лампах без диапазона УКВ показана на рис. 2-71.

В приемниках с диапазоном УКВ усиление колебаний промежуточной частоты 465 кГц при приеме в диапазонах КВ, СВ и ДВ и колебаний промежуточ-

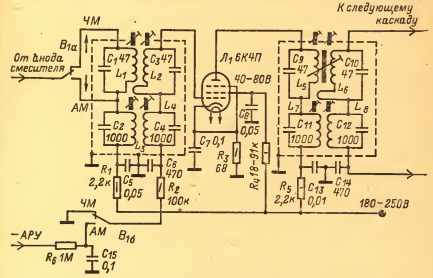


Рис. 2-72.

ной частоты 6,5; 6,8 или 10,7 МГц при приеме на УКВ осуществляют в общем (комбинированном) УПЧ. Контуры фильтров включают при этом в анодные и сеточные цепи ламп последовательно (рис. 2-72). Вследствие большого различия промежуточных частот они не влияют друг на друга. Напряжение АРУ через

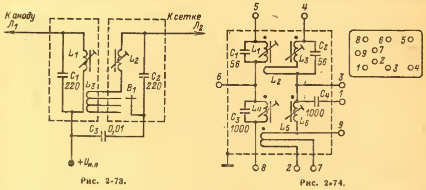


Рис. 2-73.

Рис. 2-74.

RC-фильтр нижних частот с постоянной времени 0,05—0,1 с подводится к управляющей сетке лампы. Для изменения полосы пропускания при приеме АМ сигналов связь между контурами одного или двух фильтров из 465 кГц делается переменной. Изменение связи производят изменением положения контурных катушек

L_1 и L_2 относительно друг друга, либо изменением числа витков катушки связи L_3 с помощью переключателя полос пропускания B_1 (рис. 2-73).

На рис. 2-74 приведена схема, а в табл. 2-5 — моточные данные комбинированного АМ/ЧМ ФПЧ, характерного для современных промышленных ламповых РВ приемников.

2-9. ДЕТЕКТОРЫ СИГНАЛОВ

Схемы детекторов АМ сигналов

В большинстве современных приемников применяют амплитудные детекторы на германиевых диодах. В ламповых приемниках находят применение диодные части комбинированных ламп (двойной диод-триод, диод-пентод и т. п.). В большинстве случаев детектирование производится при значительном уровне подводимого к детектору ВЧ (ПЧ) сигнала (0,5—3 В). Входное сопротивление диодного детектора, выполненного по последовательной схеме (рис. 2-75), $R_{вх} \approx R_н/2$; сопротивление детектора, выполненного по параллельной схеме, $R_{вх} \approx R_н/3$.

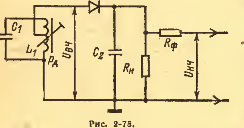


Рис. 2-75.

Напряжение НЧ на выходе детектора

$$U_{НЧ} = U_{ВЧ} m K_д,$$

где m — коэффициент модуляции; $K_д$ — коэффициент передачи детектора; $U_{ВЧ}$ — подводимое напряжение ВЧ.

Детекторные каскады транзисторных приемников, как правило, работают при малых подводимых напряжениях ВЧ (30—300 мВ) и с малым сопротивлением нагрузки (2—15 кОм). Это необходимо для согласования выхода детекторного каскада со входом транзисторного УНЧ, входное сопротивление которого обычно лежит в указанных пределах, и для того, чтобы получить максимальную чувствительность приемника при минимальном усилении в тракте.

При малом уровне входных сигналов коэффициент гармоник существенно зависит от правильности согласования детектора с выходом УПЧ и от режима диода детектора по постоянному току. Обычно с выхода детекторного каскада снимается напряжение постоянного тока для АРУ. В транзисторном приемнике это приводит к необходимости подачи на диод смещения из цепи питания базы транзистора соответствующего каскада УПЧ. Протекающий при этом через диод ток в значительной мере определяет коэффициент передачи детектора и его зависимость от уровня входного сигнала. В свою очередь от значения коэффициента передачи детектора зависит его входное сопротивление

$$R_{вх} = 0{,}5 R_н / K_д.$$

Очевидно, что при изменении уровня сигнала изменяется входное сопротивление детекторного каскада и изменяются условия согласования детектора с выходом УПЧ. Минимальный коэффициент гармоник получается лишь при вполне определенных условиях. Для наилучшего использования усилительных свойств последнего каскада УПЧ минимальным подводимым к детектору напряжением следует считать 30—50 мВ. При этом коэффициент передачи детектора приблизительно равен 0,2. Необходимый коэффициент включения детектора в контур УПЧ

$$p_д = \sqrt{\frac{R_н}{2K_д R_{oe}}},$$

где $p_д$ — коэффициент включения детектора, равный отношению числа витков катушки связи с детектором к числу витков контурной катушки последнего каскада УПЧ; $K_д$ — коэффициент передачи детектора (рис. 2-76); R_{oe} — эквивалентное сопротивление ненагруженного контура.

При таком способе согласования детектора с выходом УПЧ с увеличением напряжения на входе УПЧ напряжение на детекторе почти не изменится. Нели-

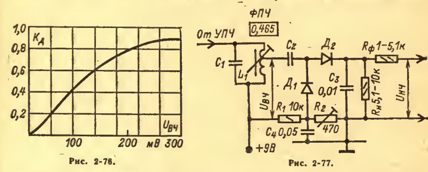


Рис. 2-76. **Рис. 2-77.**

нейность характеристики детектора компенсируется нелинейностью его входного сопротивления, что снижает коэффициент гармоник. Подводимое к диоду детектора постоянное смещение должно быть таким, чтобы получить небольшой ток через диод 1—5 мкА. Обычно для этого в схему приемника вводят переменный резистор, регулировкой которого обеспечивают малые нелинейные искажения.

На рис. 2-77 приведена схема двухполупериодного детектора, в которую включены цепи, обеспечивающие подбор режима детектора по постоянному току.

Детекторы на транзисторах

Детекторы на транзисторах с обратной связью применяют в простых транзисторных приемниках в целях экономии места.

Применение положительной обратной связи (рис. 2-78) позволяет значительно повысить чувствительность со входа детекторного каскада и благодаря этому

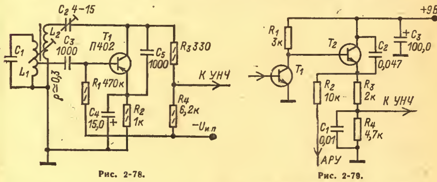


Рис. 2-78. **Рис. 2-79.**

уменьшить число каскадов УВЧ или УПЧ приемника. Коэффициент включения базы транзистора в контур должен быть 0,2—0,5; при этом можно получить значительное усиление от действия обратной связи. При использовании транзистора с $f_{гр} \geqslant 60$ МГц детектор может работать даже в диапазоне КВ, однако

приемник с таким детектором работает обычно нестабильно и налаживание его сложно.

В современных транзисторных приемниках, особенно с применением микросхем, широкое распространение получил эмиттерный детектор (рис. 2-79). Его отличительной особенностью является малый коэффициент гармоник. Такой детектор может быть подсоединен непосредственно к коллекторной нагрузке предыдущего каскада (T_1) УПЧ (УВЧ) и на его нагрузочном сопротивлении (резисторы R_3 и R_4) в отсутствии сигнала будет напряжение постоянного тока на 0,2—0,6 В меньше, чем на коллекторе предыдущего каскада. Это напряжение можно использовать для установления рабочей точки транзистора каскада, охваченного АРУ. При наличии сигнала к этому напряжению добавляется выпрямленное напряжение несущей частоты принимаемой радиостанции. При подведении к базе транзистора — детектора T_2 ВЧ напряжения 50 мВ при глубине модуляции 30% на выходе детектора получается 10 мВ напряжения НЧ и около 40 мВ напряжения постоянного тока для целей АРУ.

Рис. 2-80.

Конденсатор C_2 обязательно должен быть соединен с коллектором транзистора, в противном случае в приемнике с несколькими каскадами в тракте ВЧ может возникнуть самовозбуждение. Частотная характеристика детектора от емкости конденсатора C_2 зависит слабо, так как выходное сопротивление детектора низкое.

При использовании в качестве T_2 транзисторов структуры *p-n-p* необходимо изменить полярность источника питания; естественно, целесообразно применение в качестве T_2 транзистора такой же структуры, как транзистор T_1.

При использовании кремниевых транзисторов выходное напряжение детектора при отсутствии сигнала меньше напряжения на коллекторе T_1 на 0,6 В, а при германиевых — на 0,15—0,2 В. Такой детектор хорошо согласуется с широкополосными УПЧ (см. § 2-4).

Эмиттерные детекторы часто являются составной частью интегральных микросхем, например серий К224, К237. В этих микросхемах детектор выполнен не в точном соответствии со схемой рис. 2-79, но работает на том же принципе. Иногда для повышения коэффициента передачи в качестве эмиттерного детектора используют два транзистора, включенных по схеме ОК. На рис. 2-80 приведена детекторная часть микросхемы К2ЖА372 с каскадами усиления постоянного тока для целей АРУ.

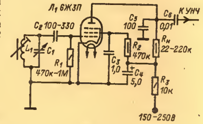


Рис. 2-81.

Детекторы на электронных лампах

Сеточный детектор. Наиболее распространен сеточный детектор (рис. 2-81), обладающий большой чувствительностью, но вносящий существенные нелинейные искажения. Для повышения чувствительности детектора можно применить положительную обратную связь. Способы ее подачи приведены на рис. 2-82 и 2-83. В схеме на рис. 2-82 обратная связь регулируется изменением емкости конденсатора

C_3, а в схеме на рис. 2-83 — изменением напряжения на экранирующей сетке лампы с помощью потенциометра R_2. Входное сопротивление сеточного детектора без обратной связи $R_{вх} \approx R_{с1}/3$, а коэффициент передачи детектора

$$K_д \approx mSR_н/4,$$

где S — крутизна характеристики лампы, мА/В; $R_н$ — сопротивление резистора анодной нагрузки, кОм.

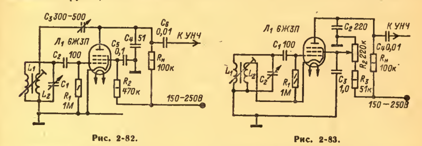


Рис. 2-82. Рис. 2-83.

Анодный детектор (рис. 2-84) вносит небольшие искажения при сравнительно большом уровне входного напряжения (1—3 В) и применении лампы с резкой отсечкой анодного тока. Достоинством детектора является большое входное сопротивление.

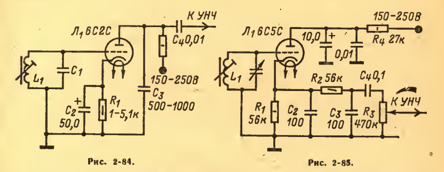


Рис. 2-84. Рис. 2-85.

Катодный детектор имеет большое входное сопротивление и малый коэффициент гармоник благодаря наличию отрицательной обратной связи по низкочастотной огибающей, коэффициент передачи напряжения несколько меньше единицы (рис. 2-85).

Детекторы ЧМ сигналов

Для детектирования ЧМ сигналов чаще всего применяют детектор отношений, который эффективно подавляет амплитудную модуляцию при работе предыдущей лампы в усилительном режиме и напряжении сигнала на ее управляющей сетке 0,05—0,1 В. При использовании детектора отношений громкость приема пропорциональна средней амплитуде принимаемого сигнала, поэтому приемники с такими детекторами часто имеют цепь АРУ.

Симметричный (относительно корпуса) детектор отношений (рис. 2-86) проще в налаживании, но содержит больше деталей и развивает вдвое меньшее напряжение АРУ. Для нормальной работы детектора важно, чтобы половины катушки L_2 были электрически симметричны. Поэтому их наматывают двумя сложенными вместе проводами.

На рис. 2-87 дана схема несимметричного детектора отношений. Сопротивления и емкость, указанные в скобках на схемах рис. 2-86 и 2-87, соответствуют приемнику на транзисторах, а без скобок — ламповому. Напряжение постоянного тока для АПЧГ может быть снято с той же точки, что и выходное напряжение НЧ.

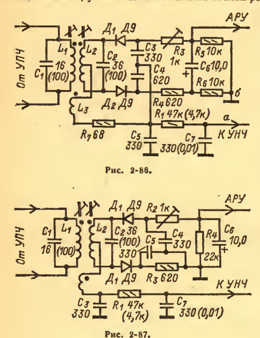


Рис. 2-86.

Рис. 2-87.

В транзисторных малогабаритных приемниках изготовление контурных катушек с индуктивной связью затруднительно. Обычно катушки размещают в отдельных экранах. В этом случае целесообразно применение конденсаторов связи (конденсатор C_3 на рис. 2-88), подбором емкости которого легко можно изменять форму S-образной кривой характеристики детектора отношений. Напряжение низкой частоты можно снимать и с резисторов R_1, R_2 а не со средней точки катушки L_2, как это сделано в схеме на рис. 2-87. С этой же точки снимается напряжение постоянного тока для цепей АПЧГ.

Комбинированный детектор ЧМ и АМ сигналов. Детектор по схеме на рис. 2-89 в зависимости от положения выключателя B_1 работает как детектор отношений ЧМ сигнала, поступающего с выхода тракта ЧМ через полосовой фильтр $L_4C_2L_5C_4$ либо как детектор АМ сигнала, поступающего с фильтра $L_1C_1L_2C_3$.

Стереодекодер для стереофонического радиоприемника. Усилитель на пентодной части лампы $Л_1$ (рис. 2-90) компенсирует потерю громкости при переходе

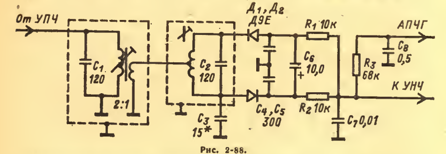


Рис. 2-88.

на прием стереофонической передачи. С помощью частотно-зависимого регулируемого делителя напряжения $R_1R_2C_3$ можно изменять частотную характеристику, добиваясь необходимого соотношения составляющих спектра полярно-модулированного колебания на входе полярного детектора на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Это необходимо для устранения проникания сигналов из одного канала в другой.

Полярный детектор подключен к выходу катодного повторителя. На выходах детектора включены *RC*-цепочки для компенсации предыскажений при передаче.

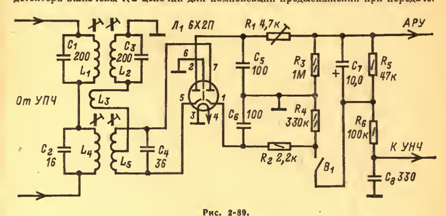


Рис. 2-89.

Транзисторный стереодекодер (рис. 2-91) содержит каскад восстановления поднесущей частоты 31,25 кГц на транзисторе T_1 и каскад разделения напряжения стереосигнала на транзисторе T_2 и диодах $Д_1$ — $Д_4$.

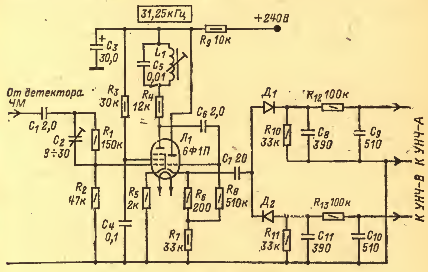


Рис. 2-90.

Уровень поднесущей частоты увеличивается на 14 дБ за счет действия резонансного контура L_1C_4, настроенного на частоту 31,25 кГц, последовательно с которым включен резистор, обладающий сопротивлением, в 4 раза меньшим сопротивления контура. Необходимый уровень несущей частоты устанавливается при регулировке резистором R_5.

Разделение стереосигнала на суммарный и разностный происходит в каскаде на транзисторе T_2, причем суммарный сигнал выделяется на резисторе R_{26}, а разностный — на контуре L_2C_7. На диодном мосте разностный сигнал детектируется и затем складывается с суммарным. Резисторы R_{17} и R_{21} служат для компенсации составляющих напряжения канала A в канале B и наоборот.

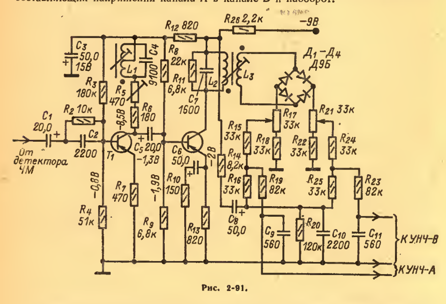


Рис. 2-91.

Данные катушек контуров стереодекодеров: L_1 — 60 витков провода ПЭВ-1 0,2, в ферритовом сердечнике ОБ18. В схеме на рис. 2-91 отвод у катушки L_1 от 12,5 витков; L_2 — 250 витков ПЭВ-1 0,09; L_3 — 400 витков ПЭВ-1 0,09 в таком же сердечнике.

Схема коммутации входов УНЧ с выходами стереодекодера, а также выходов детекторов АМ и ЧМ сигналов приведена на рис. 4-18.

2-10. АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛИРОВКИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА В РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПРИЕМНИКАХ

Общие положения

В современных РВ приемниках широкое распространение получили различные автоматические системы регулирования и управления, обеспечивающие удобство в пользовании приемником, независимость его основных параметров — громкости и естественности воспроизведения РВ программы от изменяющихся условий приема, окружающих условий и состояния источника питания.

Назначением автоматических регулировок является автоматизация различных органов управления приемником: поддержание громкости на определенном установленном уровне, которое обеспечивает система автоматического регулирования усиления (АРУ); поддержание точной настройки на радиостанцию, обеспечиваемое цепью автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ); поиск и настройка на частоту радиостанции, для которых служит система автоматической настройки (АН), включение и выключение приемника в заданное время и т. д.

К вспомогательным устройствам, непосредственно не содержащнм элементов автоматикн, относятся различные индикаторы: включения, настройкн, напряжеиия источника пнгания н т. п.

Автоматическая регулировка усиления

Автоматнческая регулнровка усилення прнменяется практнчески во всех приемннках. Ее основное иазначенне — ие допустнть перегрузки усилнтельных каскадов приемпнка прн увелнченнн сигнала на входе, которое может быть значительным прн прнеме местных радностанцнй, н выравнять громкость приема дальннх н местных радностанцнй. Задачн, стоящне перед системой АРУ, достаточно сложны нз-за большого днапазона изменення уровня напряженностн электромагнитного поля в месте приема: от 100—300 мкВ/м для уверенио прннимаемых дальних радностанцнй, до 1 В/м н более для близко расположенной местной радиостанцин. При нзменении сигиалов в такнх пределах напряжение на выходе приемннка в идеальном случае не должно нзменяться, а в реальной действительностн не должно изменяться более, чем это предусмотрено ГОСТ для различных классов приемников.

В завнсимостн от способа регулнроваиня возможны различные зависнмости выходного иапряжения от напряжения иа входе прнемника. Такие завнснмости для различиых снстем АРУ прнведены на рис. 2-92. Простая АРУ уменьшает усилеиие детекторного тракта пропорцнонально сигналу. Усиленная АРУ делает то же самое, но в более значнтельной степенн. Задержанная АРУ иачниает действовать с некоторого порогового уровня входного сигнала.

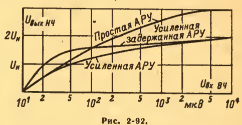


Рис. 2-92.

Для изменения усиления каскадов ВЧ тракта приемннка в простейшнх случаях используют завнснмость крутизны характернстнки актнвных элементов (транзисторов, ламп) от напряжения смещення их рабочих точек по характеристнкам. Однако при больших уровнях усилнваемых сигналов такой способ регулирования может вызвать значительные нелинейные нскажения сигнала, возможно ухудшеиие качества воспроизведения. Для сохранения высокого качества приема в этих случаях в приемниках высокого класса прнменяют управляемые делители напряжения, обеспечнвающие отсутствие перегрузкн актнвных элементов н постоянство их режнмов, оптнмальных с точкн зрения ненскажеиного усиления сигналов.

В качестве регулнрующего иапряжения обычио используют (непосредственно нли через дополнительный усилнтель) постояиную составляющую снгнала, продетектированного амплнтудным детектором, пропорциональную уровню его несущей частоты; она освобождается от переменной составляющей частот модуляцин с помощью фильтра ннжних частот с постоянной временн 0,05—0,1 с.

Биполярные транзисторы без нскажеинй усилнвают сигналы не более 20 мВ, поэтому требования к цепи АРУ в траизисторных приемннках сравнительно жестки. Прнменение простых цепей АРУ возможно только в прнемннках невысокого класса, тем более что в нях, как правило, применяются преобразователи частоты по совмещенной схеме, подведение напряжения АРУ к которым исключается нз-за нарушения режнма работы гетеродииа. В такнх приемииках регулнровкой обычно охватывается только первый каскад УПЧ. Для нсключення смещения рабочей точкн детектора на участок характеристикн, где возможно появление искажений сигнала прн детектнровании, в цепи по схеме на рнс. 2-93 резнстор фнльтра АРУ включен в днагоиаль моста, который уравновешивается регулнровкой сопротив-

ления резистора R_5 так, чтобы в отсутствие сигнала ток через диод $Д_1$ был близок к нулю. Критерием правильной установки сопротивления этого резистора являются минимальные искажения принимаемых сигналов и наибольшая чувствительность к приему слабых сигналов. Для исключения влияния регулируемых

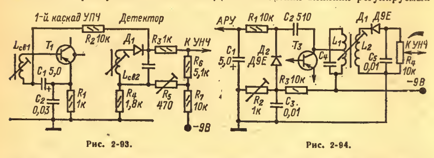


Рис. 2-93.

Рис. 2-94.

каскадов на детектор и возможности введения задержки применяют отдельный детектор АРУ (на диоде $Д_2$, рис. 2-94). Уровень задержки может быть установлен с помощью резистора R_2, определяющего напряжение смещения на диоде. Можно также вместо германиевого диода в детекторе АРУ применить кремниевый диод, который начинает детектировать при большем напряжении ВЧ сигнала.

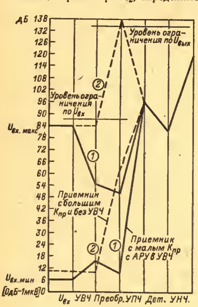


Рис. 2-95.

При значительном усилении преобразователя частоты в приемнике при применении АРУ по схемам рис. 2-93 и 2-94 возможно ограничение сигнала в коллекторной цепи преобразователя, как это показано на рис. 2-95. Для устранения этого явления применяют шунтирование высокоомной нагрузки преобразователя зависимыми от напряжения или тока элементами (диодами, транзисторами и т. п.). Эти элементы в транзисторных приемниках включают в цепь усилителя постоянного тока, за счет которого усиливается действие АРУ. Такие усиленные или комбинированные цепи АРУ широко применяют в современных приемниках. В транзисторных приемниках, как уже упоминалось, в цепи АРУ используют усилители постоянного тока (см. функциональную схему рис. 2-96, *б*), а в ламповых — дополнительный каскад УПЧ (рис. 2-96, *а*). Шунтирование нагрузки преобразователя приводит к уменьшению его усиления и не допускает появления ограничения сигнала.

На рис. 2-97 показана схема АРУ с использованием рассматриваемого способа. Выпрямленное детектором на диоде $Д_1$ напряжение несущей частоты через резистор R_5 вводится в цепь базы транзистора УПЧ. Конденсатор C_4 отфильтровывает напряжение НЧ. Уменьшение коллекторного тока транзистора T_2 снижает крутизну его характеристики, и, следовательно, усиление каскада уменьшается. Одновременно вследствие уменьшения тока коллектора транзистора T_2 уменьшается напряжение на резисторе R_4, диод $Д_2$ отпирается, шунтирует контур,

включенный в коллекторную цепь транзистора T_1, и уменьшает усиление преобразователя частоты, в котором он работает. Сопротивление диода изменяется от 300—500 кОм в закрытом состоянии до 0,5—1,5 кОм в открытом. Одновременное уменьшение крутизны характеристики транзистора T_2 и резонансного сопротив-

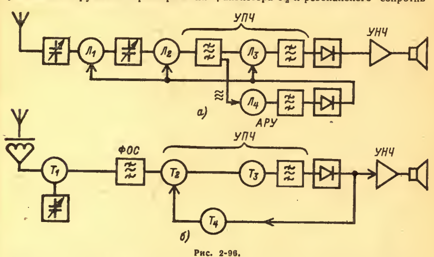


Рис. 2-96.

ления контура L_1C_1 приводит к достаточно глубокой АРУ. Соответствующим подбором сопротивлений резисторов R_1 и R_4 можно получить работу АРУ с задержкой, открывая диод $Д_2$ при меньших или больших уровнях сигнала.

Так как шунтирование контура L_1C_1 сопротивлением диода $Д_2$ несколько расширяет полосу пропускания тракта ПЧ при сильных сигналах, одновременно

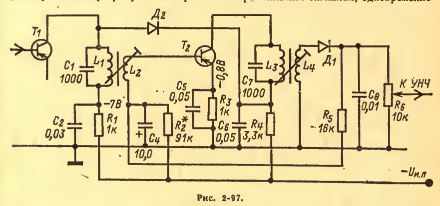


Рис. 2-97.

как бы осуществляется автоматическая регулировка ширины полосы частот пропускаемых приемником. Снижение селективности в данном случае допустимо, т. к. оно происходит только при приеме мощных радиостанций, напряженность поля которых превышает уровень помех. Кроме того, при работе АРУ расширяется полоса пропускания только одного контура.

Более глубокое изменение шунтирующего сопротивления можно получить, используя выходное сопротивление эмиттерного повторителя на кремниевом транзисторе, которое изменяется от нескольких сотен килоом у запертого транзистора до 30—10 Ом при токе 1—3 мА. На рис. 2-98 изображена схема цепи АРУ с использованием этого способа. При малом сигнале транзистор T_3 открыт, а T_2 заперт.

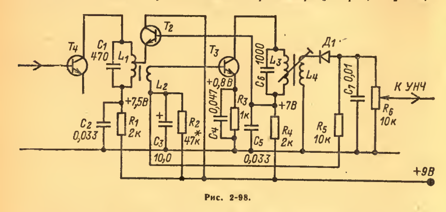


Рис. 2-98.

С ростом сигнала за счет напряжения от детектора уменьшаются ток коллектора транзистора T_3, крутизна его характеристики и падение напряжения на резисторе R_4, что является причиной открывания транзистора T_2. При этом уменьшается динамическое сопротивление со стороны эмиттера и контур L_1C_1 шунтируется пропорционально уровню принимаемого сигнала. Глубина регулировки в этой цепи достигает 70 дБ.

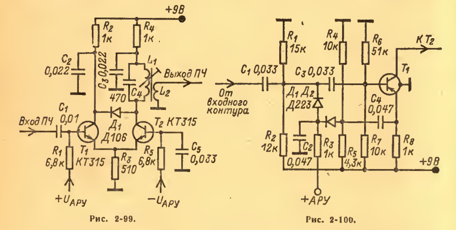


Рис. 2-99. Рис. 2-100.

Хорошими регулировочными характеристиками обладает схема ОК—ОБ (рис. 2-99). Для постоянного тока транзисторы включены по схеме с ОЭ и образуют дифференциальный усилитель. При подведении к базе T_1 регулирующего напряжения токи транзисторов перераспределяются вплоть до полного запирания транзистора T_2. Если емкость эмиттер — коллектор этого транзистора мала, то можно получить эффективную АРУ (до 60—70 дБ на один каскад, работающий в режиме

усиления или преобразования частоты). При емкости коллектора около 7 пФ для увеличения эффективности АРУ целесообразно применение шунтирующего диода $Д_1$. При подведении к базе транзистора T_1 регулирующего напряжения, на 100—200 мВ превышающего напряжение на его базе, изменение коэффициента усиления достигает 80 дБ. Применение этого способа регулирования целесообразно в приемниках с параметрами, соответствующими классу II ГОСТ с встроенной магнитной антенной, в которой напряжение сигнала на базе первого транзистора не превышает 20—30 мВ.

В стационарных транзисторных приемниках более высокого класса, предназначенных для работы с внешней антенной, напряжение на базе первого транзистора может превысить указанное значение, поэтому АРУ целесообразно выполнять с параметрическим делителем напряжения на входе, как это сделано в приемнике радиолы высшего класса «Виктория-Стерео-001» (рис. 2-100). При максимальной чувствительности приемника диод $Д_2$, стоящий в цепи обратной связи по току, открыт; усиление каскада максимально. По достижении входным сигналом порогового уровня потенциал в точке соединения диодов становится положительным, в результате чего диод $Д_2$ начинает увеличивать свое динамическое сопротивление и отрицательная обратная связь, возникающая за счет включения сопротивления диода последовательно с конденсатором блокировки эмиттера транзистора УВЧ, уменьшает усиление первого каскада. Одновременно начинает проводить диод $Д_1$, который при средних уровнях входного сигнала компенсирует возрастающее за счет отрицательной обратной связи входное сопротивление транзистора УВЧ, а при дальнейшем возрастании сигнала начинает шунтировать входной контур, ухудшая его добротность и, следовательно, уменьшая коэффициент передачи напряжения. Совместное действие указанных факторов позволяет получить глубину регулировки порядка 30 дБ и значительно повысить допустимый уровень сигнала на входе приемника по сравнению с указанным ранее. Применение такой цепи регулировки в дополнение к регулировке в УПЧ обеспечивает высокую эффективность АРУ.

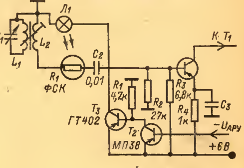


Рис. 2-101.

Применение в качестве делителей напряжения элементов с нелинейной зависимостью сопротивления от напряжения (диодов и транзисторов) не позволяет полностью избавиться от перекрестных искажений при наличии мощных помех. На рис. 2-101 приведена схема делителя с фоторезистором, сопротивление которого не зависит от значения прилагаемого напряжения. При максимальной чувствительности приемника лампочка $Л_1$ освещает фоторезистор R_1 и падение напряжения на нем минимально. С ростом сигнала транзистор T_2 отпирается и запирает транзистор T_3, в коллекторную цепь которого включена лампочка $Л_1$. Освещенность фоторезистора падает, что приводит к возрастанию его сопротивления и уменьшению напряжения на входе транзистора T_1. Применение такой цепи АРУ целесообразно в стационарных приемниках с питанием от сети, в которых можно не считаться с мощностью, потребляемой лампочкой накаливания.

При изготовлении следует предусмотреть защиту фоторезистора от попадания постороннего света. Монтаж необходимо выполнять таким образом, чтобы проходная емкость входной контур — вход транзистора была минимальной. Максимальное напряжение на входе приемника при применении такой защиты может достигать десятков вольт при настройке приемника в резонанс на частоту этого

напряжения. Это обстоятельство подчеркнуто здесь потому, что следует иметь в виду невозможность защиты входного каскада приемника от перегрузки помехами, частоты которых близки к принимаемой частоте, за счет цепи АРУ, какой бы она ни была.

Электронные лампы обладают малыми искажениями при усилении сильных сигналов. Кроме того, наличие специальных ламп с удлиненными характеристиками (в том числе комбинированных частотно-преобразовательных) позволяет получить хорошие результаты при простой схеме АРУ. Регулирующее напряжение в этом случае снимается непосредственно с нагрузки детекторного каскада приемника и через фильтр подводится к управляющим сеткам всех ламп ВЧ тракта. При необходимости введения задержки напряжение снимается со специального детектора АРУ на отдельном диоде, запертого до определенного уровня напряжением задержки.

Автоматическая подстройка частоты

Частотный детектор приемника вырабатывает напряжение постоянного тока, пропорциональное расстройке приемника по отношению к частоте сигнала, а знак его соответствует направлению ухода частоты при расстройке. Поэтому, отфильтровав это напряжение от НЧ составляющей, его можно подвести к управляющему элементу, подключенному к контуру гетеродина для уменьшения ухода частоты гетеродина. В зависимости от усиления в цепи автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ) происходит в большей или в меньшей степени компен-

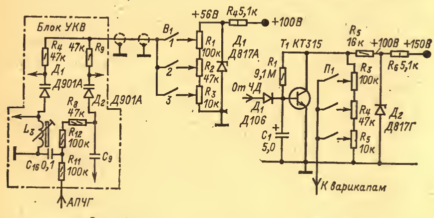


Рис. 2-102. Рис. 2-103.

сация расстройки. Остаточная расстройка (обычно незначительная), которую цепь АПЧГ не может компенсировать, не сказывается на нормальной работе приемника.

Наиболее часто АПЧГ применяется в приемниках с диапазоном УКВ. Это определяется, во-первых, значительными абсолютными величинами ухода частоты гетеродина на УКВ, и, во-вторых, обязательным наличием в приемнике ЧМ частотного детектора, так что для осуществления АПЧГ достаточно только введения управляющего элемента, как это сделано на рис. 2-56. Кроме того, в современных РВ приемниках в диапазоне УКВ часто применяется фиксированная кнопочная настройка на радиостанции. Частота настройки может изменяться со временем за счет различных дестабилизирующих факторов. В этом случае применение АПЧГ обеспечивает необходимое качество работы приемника.

Применение варнкапов для перестройки контуров в блоке УКВ (см. § 2-6) позволяет создать приемник ЧМ с настройкой клавишным или кнопочным переключателем, через который к варикапам подводится стабилизированное напряжение, необходимое для настройки на ту или иную радиостанцию (рис. 2-102). Значения управляющих напряжений, соответствующих настройке на три станции, устанавливают переменными резисторами R_1—R_3. Напряжение от частотного детектора подводится только к варикапу контура гетеродина (хотя оно может быть подведено и к варикапам контуров УВЧ). Для получения малой остаточной расстройки необходима большая крутизна регулирования частоты, которая может быть получена либо при большом уровне напряжения на выходе частотного детектора, либо при введении в цепь АПЧГ усилителя постоянного тока (УПТ). Получение большого напряжения на выходе частотного детектора в транзисторных приемниках затруднительно, поэтому в них целесообразно применение УПТ, как это показано на рис. 2-103. Здесь необходим кремниевый транзистор, рассчитанный на напряжение питания 60—80 В.

Усиление действия АПЧГ можно получить, применив вместо варикапа в контуре гетеродина транзистор с сравнительно большой емкостью перехода коллектор — база. При подведении управляющего напряжения к базе транзистора (рис. 2-104) последний работает как УПТ и при небольшом изменении напряжения на выходе частотного детектора значительно изменяет свою емкость, а следовательно, и частоту гетеродина. В качестве транзистора T_1 возможно применение низкочастотных транзисторов МП35—МП41 в зависимости от полярности источника питания приемника.

В ламповых приемниках возможно применение для АПЧГ реактивной лампы (рис. 2-105), которая представляет собой эквивалентную индуктивность и вслед-

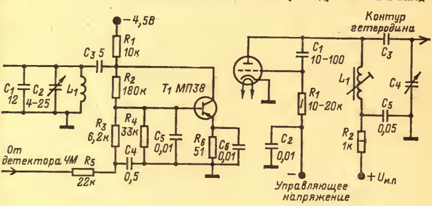


Рис. 2-104. Рис. 2-105.

ствие этого обеспечивает почти одинаковое значение коэффициента АПЧ по диапазону при перестройке контура гетеродина емкостью. При необходимости получения эквивалентной емкости в схеме на рис. 2-105 достаточно поменять местами элементы фазосдвигающей цепочки R_1C_1. В этом случае для подведения напряжения АПЧ к сетке реактивной лампы необходимо подключить резистор с сопротивлением 0,5—1 МОм.

При налаживании АПЧГ может возникнуть явление «выталкивания» частоты гетеродина управляющим элементом. Оно связано с неправильным фазовым соотношением напряжений, поступающих на диоды частотного детектора с первичной и вторичной катушек контуров фазосдвигающего трансформатора ПЧ. Для восстановления правильного соотношения фаз необходимо поменять местами точки подсоединения вторичной катушки к диодам детектора.

Автоматическая настройка приемников

Электромеханическая система. Электродвигатель (М), вращая ось блока конденсатора настройки КПЕ, перестраивает приемник в заданном диапазоне частот (рис. 2-106). При точной настройке на радиостанцию на выходе узкополосного усилителя УУПЧ появляется напряжение, которое после детектирования и усиления в УПТ останавливает вращение оси блока КПЕ, фиксируя настройку на данную радиостанцию. Изменяя напряжение на входе УПТ, можно осуществлять прием радиостанций с различной напряженностью поля в месте приема. От ширины полосы пропускания УУПЧ зависит точность настройки приемника.

В автомобильных приемниках агрегат настройки приводится в действие обычно электродвигателем через редуктор с большой степенью замедления. При достижении точной настройки агрегат настройки отсоединяется от электродвигателя и фиксируется (обычно электромагнитной муфтой), а цепь питания двигателя разрывается.

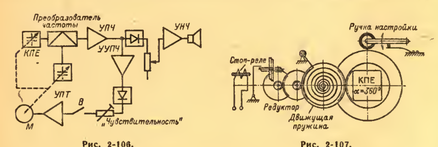


Рис. 2-106. Рис. 2-107.

В переносных транзисторных приемниках в целях экономии источников питания вместо электродвигателя обычно применяют пружинный механизм, подобный часовому (рис. 2-107). При этом ось блока КПЕ не должна иметь стопоров, ограничивающих угол вращения.

Для обеспечения высокой точности остановки двигателя при настройке на радиостанцию вертушка стоп-реле связана с пружинным барабаном через редуктор с передаточным числом более 200. При повороте вертушки на один оборот частота настройки приемника изменяется менее чем на 5 кГц.

Обмотка стоп-реле включается на выход двухкаскадного УПТ. В устройстве на рис. 2-108 в этом усилителе работают транзисторы T_2 и T_3. Регулировка чувствительности осуществляется резистором R_{10}. Узкополосный УПЧ выполнен на транзисторе T_1 и кварцевом фильтре L_4, KB_1, C_5. Первичный контур L_3C_2 фильтра слабо связан с выходом УПЧ приемника. При настройке на радиостанцию цепь обмотки стоп-реле разорвана и стопор вертушки не дает возможность пружинному двигателю вращать ось КПЕ. Для перестройки на другую радиостанцию необходимо нажатием кнопки $Кн_1$ на короткое время подать напряжение питания на обмотку стоп-реле. При этом освобождается вертушка и пружинный двигатель начинает вращать ось КПЕ до настройки на следующую радиостанцию, напряженность поля которой превышает порог установленной чувствительности УПТ.

Механические системы требуют тщательной регулировки для обеспечения требуемой точности настройки на сигналы принимаемой радиостанции.

Электронная система (рис. 2-109). «Двигателем» является генератор поиска, вырабатывающий пилообразное напряжение, размах которого должен быть не менее необходимого для перестройки в заданном диапазоне частот блока настройки, в котором в качестве переменных емкостей используются варикапы. В устройстве можно применить генератор пилообразного напряжения фантастронного типа на лампе 6Ж2П и блок УКВ с электронной настройкой. Электронная

система хорошо сопрягается с системой АПЧГ, благодаря чему обеспечивается высокая точность настройки на радиостанцию. Останавливающим напряжением для фантастронного генератора является выходное напряжение частотного детектора приемника, которое после попадания сигнала радиостанции в полосу про-

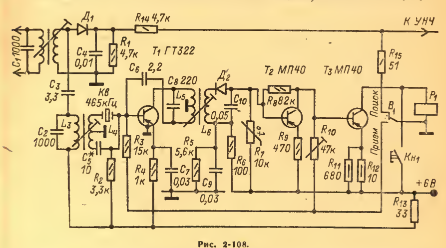


Рис. 2-108.

пускания приемника используется в качестве регулирующего в цепи АПЧГ, в которую превращается устройство после остановки генератора поиска. После прекращения поиска лампа выполняет роль УПТ с большой постоянной времени (роль фильтра).

Перестройка с одной радиостанции на другую осуществляется кратковременным замыканием кнопки $Кн_1$. При пропадании сигнала радиостанции генератор

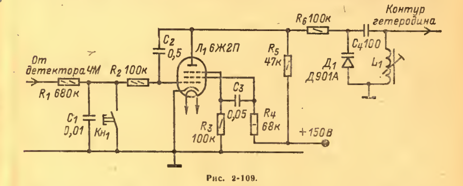


Рис. 2-109.

поиска перестраивает приемник на следующую радиостанцию, частота которой выше ранее принимаемой. Если такой радиостанции нет, то, дойдя до конца диапазона, фантастронный генератор начнет новый цикл поиска с начала диапазона приемника. Это обстоятельство делает его удобным для применения в автомобильных приемниках и в приемниках, включаемых автоматами — реле времени, так как

гарантирует обязательную настройку на какую-нибудь (главным образом мощную местную) радиостанцию без участия радиослушателя.

Применение электронной настройки (рис. 2-110) хотя и не предоставляет таких удобств, но все же обеспечивает отсутствие механических органов настройки в приемнике. Возврат поиска в исходное состояние здесь происходит вручную нажатием кнопки $Кн_1$. Так же как и в предыдущей схеме, при пропадании сигнала принимаемой радиостанции приемник настраивается на следующую, но, дойдя до конца диапазона, останавливается в этом состоянии и требует вмешательства радиослушателя. При желании перестройки приемника вверх или вниз по частоте нажимают кнопки $Кн_1$ или $Кн_2$. Скорость перестройки в обе стороны определяется сопротивлением резисторов R_2 и R_3. Микроамперметр $ИП_1$ служит для грубой индикации частоты настройки приемника.

Рис. 2-110.

Индикаторы настройки

Процесс настройки на радиостанции приемников с АРУ усложняется, особенно при применении в УПЧ фильтров с хорошей прямоугольностью частотной характеристики и при работе в УКВ диапазоне. Неточность настройки приводит к искажению принимаемых сигналов, поэтому для обеспечения точной настройки лампового приемника применяют индикатор настройки (рис. 2-111).

Для индикации настройки транзисторного приемника возможно применение стрелочного миллиамперметра, включаемого по схеме рис. 2-112, либо светодиода (см. стр. 654). Если яркость свечения светодиода достаточна при токе 1—1,5 мА, его можно включить в цепь коллектора первого каскада УПЧ (рис. 2-113). Светодиод, дающий хорошую яркость при большем токе, нужно включать в цепь коллектора дополнительного каскада УПТ (на транзисторе T_2 в схеме на рис. 2-114). В эту же цепь при отсутствии светодиода можно включить миниатюрную лампочку накаливания с током свечения 50—60 мА.

Приведенные схемы обеспечивают настройку «по минимуму». При использовании преобразователя частоты по каскодной схеме ОК—ОБ, охваченной АРУ (см. рис. 2-45), в коллекторные цепи транзисторов можно включить резисторы, развязанные конденсаторами, с которых снимают напряжение для работы индикатора настройки. В простейшем случае между этими резисторами включают микроамперметр (рис. 2-115). При отсутствии сигнала стрелка индикатора стоит на нуле, а при работе АРУ отклоняется пропорционально силе сигнала. Вместо микроамперметра возможно применение других индикаторов, схемы которых описаны ранее.

2-11. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ ТРАНЗИСТОРНЫХ ПРИЕМНИКОВ

Общие положения

Современные промышленные РВ приемники развиваются по пути повышения качества радиоприема, упрощения управления, повышения стабильности характеристик, повышения технологичности производства. Радиолюбительские конструкции также должны учитывать эти тенденции.

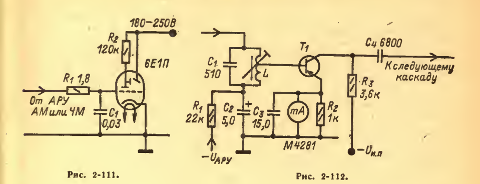


Рис. 2-111.

Рис. 2-112.

Рис. 2-113.

Рис. 2-114.

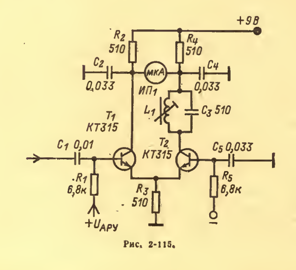


Рис. 2-115.

Повышение селективности, эффективности АРУ и уменьшение коэффициента гармоник часто достигается усложнением конструкции и применением новых элементов (пьезокерамических и электромеханических фильтров). Однако все расширяющееся производство транзисторов и интегральных микросхем позволяет производить усложнения в схемах приемников без существенного увеличения их стоимости. Кроме того, усложнение внутренней структуры микросхем часто приводит к упрощению остальной части схемы приемника. Создание рациональной серии микросхем может привести к значительной унификации принципиальных схем приемников, которая уже в определенной степени наметилась благодаря внедрению в промышленные приемники микросхем серии К237. Применение микросхем этой серии уже сегодня позволяет создавать приемники, отвечающие требованиям II класса ГОСТ в переносном, стационарном и автомобильном исполнении. Налаживание таких приемников сводится к регулировке 1—2 подстроечных резисторов и настройке контуров.

По мере появления в продаже микросхем, транзисторных сборок и отдельных универсальных транзисторов схемы радиолюбительских приемников также изменятся в сторону увеличения числа активных элементов при одновременном упрощении налаживания.

Основным типом приемника, удовлетворяющим почти все запросы радиослушателя и приемлемым с точки зрения самостоятельного изготовления и налаживания, является супергетеродинный приемник с характеристиками, соответствующими II классу ГОСТ. Поэтому в этом разделе приведены типовые схемы приемников именно этого класса (исключением является схема простейшего приемника прямого усиления).

Кроме унифицированного приемника с применением микросхем серии К237 приведены схемы приемников, при разработке которых основное внимание было направлено на хорошую повторяемость их характеристик и возможность изготовления из доступных деталей при минимуме регулировочных работ. Каждая из приводимых схем условно разбита на три функционально законченных блока: блок входных и гетеродинных контуров (БК), блок, содержащий в своем составе все высокочастотные каскады (БВЧ) и блок — усилитель низкой частоты (УНЧ) Такая разбивка позволяет различные по числу диапазонов, видам антенн, способам коммутации блоки контуров, применяемых в одном приемнике, включить в другой; при изготовлении приемника применять в блоках НЧ различные схемы усилителей из числа приведенных в § 4-2. Высокочастотные части приемников заканчиваются унифицированными разъемами, что позволяет подключать их к мощным высококачественным усилителям, производить запись на магнитофон и использовать УНЧ приемников для воспроизведения грампластинок.

В помещенных в этом разделе схемах приемников использованы отдельные каскады, приведенные в предыдущих параграфах раздела.

Приемник прямого усиления

Приемник прямого усиления (рис. 2-116) может быть выполнен на любых кремниевых ВЧ транзисторах: КТ315, КТ342, КТ301, КТ312, КТ316, транзисторных сборках К2НТ012, К2НТ172. При изменении схемы УНЧ в высокочастотном тракте можно применять германиевые транзисторы МП422, МП416, ГТ309, ГТ322 и т. д. В этом случае в цепь эмиттера T_4 следует включить кремниевый диод любого типа, блокированный конденсатором, как на рис. 2-28, *б*. Особенностью приемника является применение УВЧ с высоким входным сопротивлением, что позволяет исключить согласующие катушки связи (с входным контуром на каждом диапазоне) и подсоединить базу транзистора T_1 непосредственно к входному контуру. Транзистор T_{10} типа МП38, T_{11} — МП40.

Эмиттерные повторители T_1 и T_2 трансформируют высокое резонансное сопротивление входного контура (200—400 кОм) в сопротивление, близкое к входному сопротивлению транзистора T_4 (около 1 кОм). Общее усиление УВЧ — порядка 150.

Так как для нормальной работы детектора на транзисторе T_5 в схеме ОК необходимо напряжение сигнала 30—50 мВ, а УВЧ полностью подключен к входному контуру, номинальная чувствительность приемника достигает 200—350 мкВ с базы первого транзистора, что примерно соответствует 3—5 мВ/м. Транзистор T_3 предназначен для осуществления автоматической регулировки усиления: отпираясь, он шунтирует вход T_4 и одновременно запирает транзисторы T_1 и T_2, уменьшая их коэффициент передачи напряжения. С выхода детектора напряжение НЧ поступает на вход четырехкаскадного УНЧ с транзисторами T_6—T_{11}. Тран-

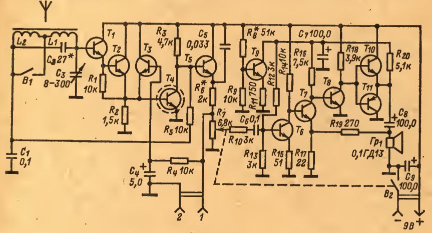


Рис. 2-116.

зисторы T_6—T_9 по схеме с ОЭ, T_{10}, T_{11} — по схеме с ОК. Транзистор T_9 служит для поддержания на эмиттерах транзисторов выходного каскада напряжения, равного половине напряжения источника питания.

При монтаже приемника необходимо обеспечить соединение базы транзистора T_1 с контуром кратчайшим путем. Если транзистор T_4 не имеет экранирующего корпуса или его коллектор соединен с корпусом транзистора (КТ301, КТ312), то его необходимо экранировать во избежание самовозбуждения УВЧ. Катушки L_1 и L_2 должны быть рассчитаны для приема диапазонов СВ и ДВ соответственно. При указанной на схеме емкости КПЕ катушка L_1 содержит 90 витков провода ЛЭП 5 × 0,06, катушка L_2 — 260 витков ПЭВ-2 0,1 на ферритовом сердечнике М400НН1-8 × 100. Верхний (по схеме) конец резистора R_{16} следует соединить с плюсом источника (на схеме показано ошибочно).

Супергетеродинный приемник на микросхемах серии К237

По схеме на рис. 2-117 возможно выполнение как малогабаритного переносного приемника, так и приемника, рассчитанного для работы в стационарных условиях. Блок контуров должен иметь четыре направления коммутации при работе на ДВ, СВ и КВ. Катушка входного контура может быть намотана на стержне ферритовой антенны или на отдельном каркасе в соответствии с данными § 2-2. Сопряжение контуров рассчитывается по графикам § 2-5. Катушка $L_{свг}$ для получения колебаний на частоте контура гетеродина должна иметь сильную связь с контурной катушкой, т. е. ее витки должны быть намотаны поверх витков контурной катушки $L_{кг}$, а не рядом на каркасе, для КВ и в одном броневом сердечнике для ДВ и СВ. Расположение катушек в блоке должно обеспечивать слабую связь (лучше полное ее отсутствие) между катушками разных поддиапазонов. Цепь $R_{сп}$, $C_{сп}$, включенная параллельно катушке связи с контуром гетеродина, пред-

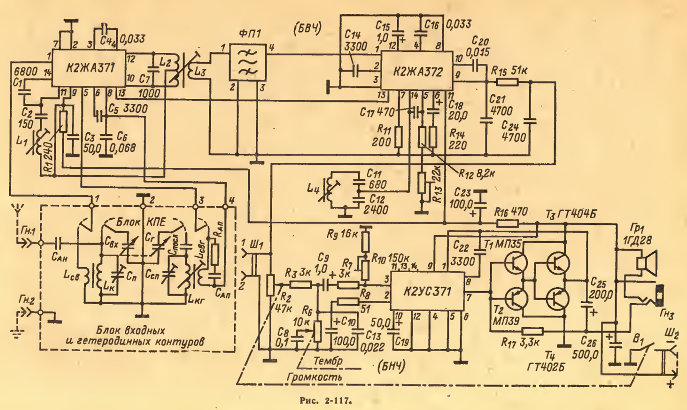

К2ЖА371
К2ЖА372
К2УС371
ФП1
(БВЧ)
(БНЧ)
Блок КПЕ
Блок входных
и гетеродинных контуров
Тембр
Громкость
T1 МП35
T2 МП39
T3 ГТ404Б
T4 ГТ402Б
Гр1 1ГД28
R15 51к
R12 8,2к
R13 22к
R16 470
R9 16к
R10 150к
R17 3,3к
C25 200,0
C26 500,0
C23 100,0

Рис. 2-117.

назначена для подавления паразитной генерации и значения ее элементов зависят от частоты, на которой работает гетеродин. Для диапазонов ДВ и СВ она состоит из резистора сопротивлением 75 Ом и конденсатора емкостью 75 пФ; на КВ емкость конденсатора должна быть уменьшена до 22—15 пФ.

Для примера определим данные катушек входного и гетеродинного контуров для диапазона СВ. В качестве блока КПЕ выбираем широко распространенный КПЕ типа КПТМ-4 с емкостью 5—260 пФ.

Перекрытие по частоте входного контура

$$K_д = \frac{f_{макс}}{f_{мин}} = \frac{1620}{520} = 3{,}12;$$

необходимая начальная емкость контура

$$C_{мин} = \frac{C_{\sim}}{K_д^2 - 1} = \frac{255}{3{,}12^2 - 1} = 26{,}6 \text{ пФ}$$

при выбранном $C_{\sim} = 255$ пФ.

Ориентировочное значение суммарной емкости контурной катушки, монтажа, переключателя диапазонов и пересчитанной в контур входной емкости транзистора УВЧ можно принять равной 15 пФ. Тогда начальная емкость контура без учета емкости подстроечного конденсатора будет равна 20 пФ. Для доведения ее до расчетного значения при настройке включим в контур подстроечный конденсатор емкостью 2—8 пФ, входящий в состав КПЕ.

Определим индуктивность контурной катушки (см. § 2-2)

$$L_к = \frac{25\,330}{f_{мин}^2 (C_{\sim} + C_{мин})} = \frac{25\,330}{0{,}52^2 (255 + 26{,}6)} = 338 \text{ мкГ}.$$

Выбрав в качестве катушки входного контура обмотку магнитной антенны на ферритовом стержне магнитной антенны диаметром 8 мм и длиной 160 мм, найдем для индуктивности 340 мкГ по графику рис. 2-15, *б* 70 витков. Намотка катушки производится на каркасе, который должен с небольшим трением перемещаться по стержню магнитной антенны в соответствии с рис. 2-14 для подстройки индуктивности.

Катушку связи с входным контуром рассчитываем, исходя из того, что на входе микросхемы К2ЖА371 стоит кремниевый планарный транзистор с приведенным значением крутизны характеристики 38 1/В.

Принимая значение его коэффициента усиления по току равным 30 — нижнему пределу $h_{21э}$ для ВЧ транзисторов, и учитывая, что в соответствии с указанным на схеме режимом питания 5,6 В и сопротивлением резистора нагрузки этого транзистора, получим значение тока коллектора УВЧ даже при полностью открытом транзисторе не больше $I_К < U_{и.п}/R_н = 5{,}6/8 = 0{,}7$ мА. Принимая $I_К = 0{,}6$ мА, вычислим минимальное входное сопротивление УВЧ:

$$R_{вх} = h_{11б} h_{21э} = \frac{h_{21э}}{S_0 I_К} = \frac{30}{28 \cdot 0{,}7} \approx 1{,}5 \text{ кОм}.$$

Согласование входного сопротивления с резонансным сопротивлением контура произведем на средней частоте диапазона, считая добротность контурной катушки равной 150, что близко к действительности при намотке катушки проводом ЛЭШО 10 × 0,07:

$$R_{oe} = 2\pi f Q L = 150 \cdot 2 \cdot 3{,}14 \cdot 1070 \cdot 10^3 \cdot 340 \cdot 10^{-6} = 340 \text{ кОм}.$$

Необходимый коэффициент включения базы транзистора в контур

$$p_1 = \sqrt{\frac{R_{вх}}{R_{oe}}} = \sqrt{\frac{1{,}5}{340}} = 0{,}066.$$

Коэффициент связи контурной катушки и катушки связн можио принять блнзким к 1, тогда

$$w_{св}=p_1 w_к=0{,}06\cdot 70=4{,}6\approx 5 \text{ внтков};$$

некоторое увеличение числа витков против расчетного компенсирует несоответствие реального коэффициента связн принятому.

Сопряжеиие входного и гетеродниного контуров осуществляется включеннем в гетеродинный контур дополнительных последовательиого и параллельиого коиденсаторов.

Полная емкость входного контура

$$C_{макс}=C_{мин}+C_{\sim}=26{,}6+255\approx 282 \text{ пФ}.$$

Выбнраем ближайшее по графику рис. 2-50, *а* значение емкости 300 пФ. Определив коэффициент $n=f_{пр}/f_{ср}=465/1070=0{,}435$, найдем:

$$C_{посл}=330 \text{ пФ};$$

$$C_{пар}=8 \text{ пФ (по рис. 2-50, } б);$$

$$\alpha=0{,}55 \text{ (по рис. 2-50, } в)$$

и рассчитаем

$$L_{кг}=\alpha L_к=0{,}55\cdot 338=185 \text{ мкГ}.$$

Индуктнвность катушки связи рассчнтывают через коэффнциент включения, определяемый по выходному сопротивленню гетеродина, равному 4 кОм.

Расчет катушки связи с контуром гетеродина для схемы гетеродииа на микросхеме К2ЖА371 достаточно сложен. Однако практическим путем установлеио, что хорошая форма колебаний получается прн коэффициеите включения, равном 1/6 — 1/10 ($R_{вых.г}\approx 4$ кОм). Отсюда число витков катушки связи равно 10. Обязательным условием является сильиая связь между катушками, в противном случае возможио возникновение колебаний на резонансной частоте коитура, образованного индуктивностью катушки связи и емкостью монтажа и транзисторов гетеродина.

Блок высокой частоты состонт из УВЧ с апериодической нагрузкой и преобразователя частоты на микросхеме К2ЖА371. Часть последней служит гетеродином. На выходе УВЧ включен контур L_1C_2, служащий для подавления помех с частотой, равной промежуточной. Нагрузкой преобразователя служит симметричный контур L_2C_7, к катушке связи с которым подключен пьезокерамический фильтр $ФП_1$. Резистор R_1 и конденсаторы C_3 н C_6 образуют развязывающие фнльтры.

Интегральная схема К2ЖА372 вместе с резисторами R_{11}—R_{15} и коиденсаторами C_{14}—C_{18}, C_{20}—C_{21} выполняет функции УПЧ, детектора и усилителя постояиного тока в цепи АРУ. Контур $L_4C_{11}C_{12}$, настроеиный на промежуточную частоту, сужает шумовую полосу пропускания, обеспечивая малый уровень шумов УПЧ. Чувствительность УПЧ и режим АРУ устаиавливается резистором R_{13}.

Напряжение АРУ регулирует усиление первого каскада УПЧ, входящего в состав микросхемы К2ЖА372, и через цепь между контактами 13 микросхем усиление УВЧ в микросхеме К2ЖА371.

Блок НЧ состоит из предварительного усилнтеля, выполнениого иа микросхеме К2УС371, резисторах R_7—R_{10}, R_{17}, конденсаторах C_9, C_{10}, C_{19}, C_{22} и усилителя мощности иа транзисторах T_1—T_4, конденсаторе C_{25}. Режим работы УНЧ устанавливается резистором R_{10} по минимуму искажений илн по напряжению в точке соединения эмиттеров транзнсторов выходного каскада, которое должно быть равно 1/2 напряжеиия питання. При использованнн динамнческой головки 1ГД28 выходная мощность достигает 0,7 Вт. Порядок настройкн контуров изложен в § 2-12.

Приемник с полурастянутыми диапазонами КВ

В блоке контуров приемника (рис. 2-118) используются две магнитные антенны: ферритовая для диапазона ДВ и СВ и рамочная — для КВ. Переключатель диапазонов рассчитан на 6 направлений и 4 положения, соответствующих диапазонам ДВ, СВ, КВ1 и КВ2. Границы КВ диапазонов указаны на схеме. Катушка входного контура ДВ образуется из катушки диапазона СВ (L_4) и дополнительной катушки L_6, которая при приеме СВ замыкается переключателем B_1, *в*. Растяжка диапазонов КВ производится путем коммутации конденсаторов во входном (C_3) и гетеродинном (C_{11}) контурах. Сопряжение настройки контуров КВ осуществляется конденсатором C_8, поэтому при настройке приемника сначала на нижней частоте диапазона КВ1 подстраивают индуктивности контуров, а затем на верхней частоте диапазона КВ2 подстраивают соответствующие полупеременные конденсаторы, Индуктивность входного контура диапазонов КВ состоит из двух частей: L_1 — рамочной антенны, выполненной в виде ручки для переноски приемника, и катушки L_2, на которой намотана обмотка катушки связи L_3 с базой первого транзистора блока ВЧ. Катушки связи с гетеродинным контуром намотаны поверх обмоток катушек контура гетеродина соответствующих диапазонов в середине каркаса. Блок КПЕ может быть использован от приемника «Селга».

Преобразователь частоты блока ВЧ выполнен на двух транзисторах по схеме с отдельным гетеродином, что позволяет упростить коммутацию гетеродинных контуров. Преобразователь по схеме ОК—ОБ охвачен АРУ. Подробное описание такого преобразователя приведено в § 2-5. Режим преобразователя по постоянному току обеспечивается цепью регулирования, состоящей из транзисторов T_5—T_7 УПЧ, которая поддерживает с большой точностью напряжение на эмиттерах T_1 и T_2 при работе системы АРУ, чтобы предотвратить уход частоты гетеродина, для которого это напряжение является напряжением питания. Благодаря нелинейности входной характеристики транзистора T_7 цепь регулирования стабилизирует напряжение питания гетеродина и при снижении напряжения батареи в 2 раза сохраняет работоспособность приемника. Напряжение на базу транзистора T_1 снимается с выхода детекторного каскада на транзисторе T_8 в схеме с ОК. Так как напряжение постоянного тока на его выходе примерно на 0,6 В меньше, чем на коллекторе транзистора T_7, с которого снимается напряжение смещения на базу T_2, то для осуществления первоначальной установки режимов T_1 и T_2, т. е. для выравнивания их токов коллекторов, необходимо подобрать сопротивление резистора R_{26} или сделать его регулируемым.

При отсутствии входного сигнала усиление ВЧ тракта максимально, а при приеме сильных сигналов происходит разбаланс цепи T_1—T_2 так, что транзистор T_2 запирается и его усиление уменьшается пропорционально уровню сигнала. Перераспределение токов между транзисторами T_1 и T_2, как уже упоминалось, не приводит к изменению напряжения питания транзисторов гетеродина. Усилитель промежуточной частоты с высоким входным сопротивлением полностью подключен к комбинированному фильтру ПЧ, который состоит из двух контуров ($L_{14}C_{20}C_{21}$, $L_{15}C_{22}C_{23}$) и пьезокерамического фильтра ФП1-023. Такое включение фильтра позволяет получить достаточно большой коэффициент передачи напряжения, что существенно из-за малого коэффициента усиления УПЧ. Наличие на входе УПЧ сигнала с высоким уровнем обеспечивает хорошее отношение сигнал/шум в этом усилителе.

Эффективное действие АРУ позволило включить предварительный усилитель НЧ до регулятора громкости. Этот УНЧ обеспечивает уровень сигнала на разъеме $Ш_1$, достаточный для работы мощного усилителя или магнитофона. После регулятора громкости сигнал НЧ подводится к блоку НЧ, состоящему из четырехкаскадного усилителя на транзисторах T_{10}—T_{15}. Усилитель охвачен отрицательной обратной связью (R_{23}, R_{20}, C_{33}), позволяющей применить в предоконечном и оконечном каскадах режим В при допустимом уровне искажений. Режим УНЧ устанавливается подбором резистора R_{18} до получения в точке соединения эмитте-

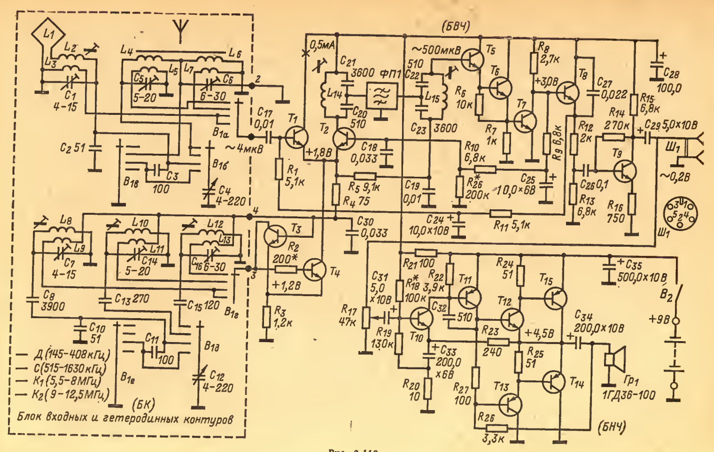

(БВЧ)
(БНЧ)
(БК)
Блок входных и гетеродинных контуров
— Д (145-408 кГц)
— С (515-1630 кГц)
— К₁ (5,5-8 МГц)
— К₂ (9-12,5 МГц)
~4мкВ
~500мкВ
~0,2В
0,5мА
+1,8В
+1,2В
+3,0В
+4,5В
+9В
ФП1
1ГД36-100

Рис. 2-118.

ра T_{14} и коллектора T_{15} напряжения, примерно равного половине напряжения питания. Транзисторы: T_1—T_{10} типа КТ315, T_{11}—КТ326, T_{12}—МП38, T_{13}—МП40, T_{14}, T_{15}—ГТ402. Ток покоя приемника менее 10 мА. Данные контурных катушек приемника приведены в табл. 2-9.

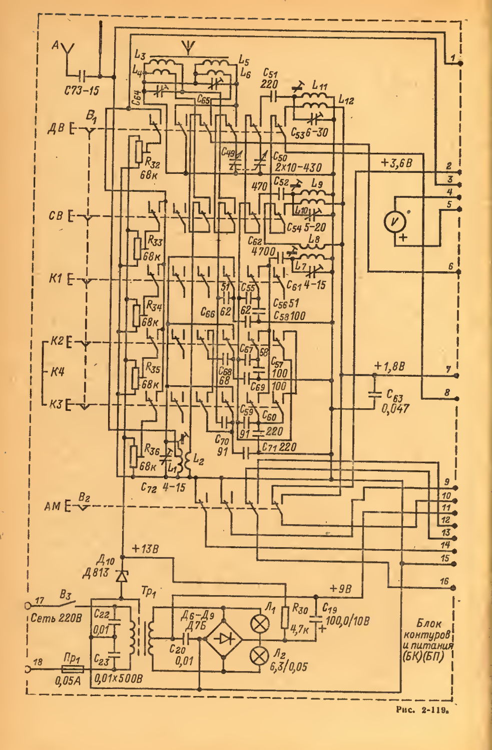
Таблица 2-9

Данные контурных катушек радиоприемника

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1	0,5	15×2 мм	Нет	Ручка для переноски, дюралюминий, 100×290×100 мм
L_2	12	ПЭЛШО 0,35	М100ВЧ-СС 2,8×12	Без каркаса, на сердечнике
L_3	5	ПЭЛШО 0,1	То же	Поверх L_2
L_4	75	ЛЭШО 10×0,07	М400НН-3-8×160	Ферритовая антенна
L_5	10	ПЭЛШО 0,1	М400НН-3-8×160	» »
L_6	45×6	ПЭЛШО 0,1	М400НН-3-8×160	» »
L_7	15	ПЭЛШО 0,1	М400НН-3-8×160	» »
L_8	22	ПЭЛШО 0,35	М100ВЧ-СС 2,8×12	Без каркаса, на сердечнике
L_9	6	ПЭЛШО 0,1	То же	Поверх L_8
L_{10}	33×3	ПЭВ-2 0,1	Ч5М600НН, ⌀-8,8 мм	От приемника «Сокол»
L_{11}	8	ПЭВ-2 0,1	Ч5М600НН, ⌀-8,8 мм	—
L_{12}	50×3	ПЭВ-2 0,1	Ч5М600НН, ⌀-8,8 мм	—
L_{13}	12	ПЭВ-2 0,1	Ч5М600НН, ⌀-8,8 мм	—
L_{14}	34×3	ЛЭ5×0,06	Ч5М600НН, ⌀-8,8 мм	—
L_{15}	34×3	ЛЭ5 0,06	Ч5М600НН, ⌀-8,8 мм	—

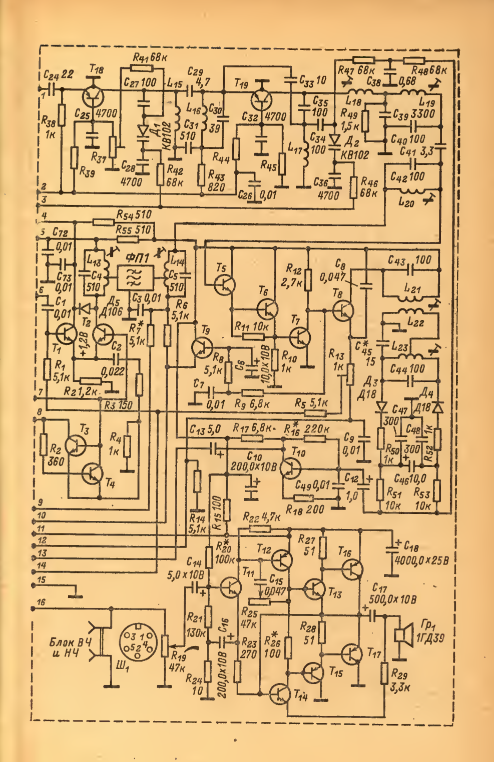
Приемник с диапазоном УКВ

Приемник (рис. 2-119) рассчитан для работы от сети переменного тока в диапазонах ДВ, СВ и четырех растянутых КВ (КВ1 — 25 м, КВ2 — 31 м, КВ3 — 41 м и КВ4 — 49 м). В диапазоне УКВ приемник имеет пять фиксированных настроек на любую из радиостанций, работающих в этом диапазоне. Переключение в диапазон УКВ осуществляется нажатием независимой кнопки B_2 в блоке контуров. В блоке контуров для коммутации, кроме упомянутой независимой кнопки «АМ—ЧМ», имеется кнопочный переключатель B_1, содержащий пять кнопок (на 6 цепей каждая). На ДВ и СВ предусмотрена только ферритовая антенна, позволяющая в условиях большого города осуществлять прием радиостанций с меньшим уровнем индустриальных помех. В диапазонах КВ и УКВ применяется штыревая антенна; предусмотрено гнездо для подключения внешней антенны. При нажатии соответствующих кнопок к блоку КПЕ в диапазонах ДВ и СВ подключаются соответствующие контурные катушки (L_5, L_6, L_9, L_{11}) с необходимыми сопрягающими конденсаторами (C_{51} и C_{52}). В диапазонах КВ КПЕ подсоединяется к конденсаторам C_{66}—C_{71} и C_{55}—C_{60}, образующим параллельные группы из двух последовательно соединенных конденсаторов в каждой. Такая комбинация конденсаторов в каждом из диапазонов КВ обеспечивает необходимую настройку контуров на нужные частоты и небольшое изменение частоты при изменении емкости КПЕ,



A
C73-15
L3
L4
L5
L6
C64
C65
C51
220
L11
L12
C53 6-30
B1
ДВ
R32
68к
C49
C50
2x10-430
+3,6В
470
C52
L9
L10
C54 5-20
СВ
R33
68к
C62
4700
L8
L7
C61 4-15
К1
C55
51
62
C56 51
C58 100
C66
62
R34
68к
К2
К4
C67
58
C57
100
C68
68
C69
100
R35
68к
+1,8В
C63
0,047
К3
C59
C60
91
220
C70
91
C71 220
R36
68к
L1
L2
C72 4-15
АМ
B2
+13В
Д10
Д813
Тр1
+9В
17
B3
Сеть 220В
C22
0,01
C23
Д6-Д9
Д7Б
C20
0,01
Л1
R30
4,7к
C19
100,0/10В
Л2
6,3/0,05
18
Пр1
0,05А
0,01x500В
Блок контуров и питания (БК)(БП)
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16

Рис. 2-119.



необходимое для растягивания соответствующего диапазона на всю шкалу приемника. Катушки L_1 и L_7 подсоединяются соответствующими кнопками к необходимой комбинации конденсаторов. Здесь так же как и в предыдущем приемнике, сопряжение контуров при регулировке осуществляется индуктивностью на самой низкой частоте диапазона (КВ4) и емкостью на самой высокой частоте (КВ1). Диапазоны КВ3 и КВ2 при этом сопрягаются автоматически. Такой способ позволил сэкономить контакты для включения установочных резисторов настройки диапазона УКВ.

Блок УКВ выполнен с электронной настройкой на варикапах $Д_1$, $Д_2$, на которые подается устанавливаемое резисторами R_{32}—R_{36} стабилизированное напря-

Таблица 2-10

Данные контуров и силового трансформатора радиоприемника

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Сердечник	Примечание
L_1	10	ПЭЛШО 0,2	М100НН-2СС-2,8×12	Каркас диаметром 6 мм; отвод от 3 витка снизу
L_2	3	ПЭЛШО 0,1	М100НН-2СС-2,8×12	—
L_5	180	ПЭВ-2 0,1	М400НН 8×160	Ферритовая антенна
L_3	55	ЛЭШО 10×0,07	М400НН 8×160	—
L_4	6	ПЭЛШО 0,15	М400НН 8×160	—
L_6	15	ПЭВ-2 0,1	М400НН 8×160	—
L_7	9	ПЭЛШО 0,2	М100НН-2СС-2,8×12	Каркас диаметром 6 мм
L_8	3	ПЭЛШО 0,1	М100НН-2СС-2,8×12	—
L_9	26×4	ЛЭ 3×0,06	Ч5М600НН	—
L_{10}	10	ПЭЛШО 0,1	Ч5М600НН	—
L_{11}	40×4	ЛЭ 3×0,06	М600НН3СС 2,8×12	—
L_{12}	18	ПЭЛШО 0,1	М600НН3СС 2,8×12	—
L_{13}	33×3	ЛЭ 5×0,06	Ч5М600НН	Отвод от 14 витка
L_{14}	33×3	ЛЭ 5×0,06	Ч5М600НН	То же
L_{15}	4	ПЭВ-2 0,8	—	Без каркаса, диаметром 6 мм
L_{16}	20	ПЭШО 0,1	—	На резисторе МЛТ-0,5 = 100 кОм
L_{17}	4	ПЭВ-2 0,8	—	Без каркаса, диаметр 6 мм, внутри поролон
L_{18}	18	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	—
L_{19}	18	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	—
L_{20}	18	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	—
L_{21}	18	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	—
L_{22}	9	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	—
L_{23}	2×9	ПЭШО 0,15	Ч5М600НН	—
$Тр_1$			УШ16×24	Сердечник без зазора, между обмоткой *I* и *II* проложены 2 слоя изоляции и экранная обмотка в 1 слой
обмотка *I*	3000	ПЭВ-2 0,13		
обмотка *II*	2×95	ПЭВ-2 0,59		

жение постоянного тока из блока питания. Сопряжение контура УВЧ $L_{15}C_{27}Д_1C_{28}$ с контуром гетеродина $L_{12}C_{34}Д_2C_{36}$ производится также электрическим способом с помощью установочного резистора R_{37}. В отличие от контуров, перестраиваемых переменными конденсаторами, сопряжение контуров с варикапами производят емкостью на нижней частоте диапазона, а индуктивностью — на верхней, так как влияние напряжения на емкость варикапа максимально на нижней частоте.

Усилитель высокой частоты и преобразователь с совмещенным гетеродином выполнены по схеме ОБ на высокочастотных германиевых транзисторах структуры *p-n-p* (ГТ313). В эмиттерную цепь преобразователя включен последовательный контур $L_{16}C_{31}$, настроенный на промежуточную частоту (6,8 МГц). Конденсаторы C_{33} и C_{30} образуют емкостный делитель в цепи обратной связи гетеродина. Контурная катушка L_{18} первого фильтра ПЧ для частот гетеродина служит дросселем параллельного питания, а конденсатор C_{35}, настраивающий ее на частоту 6,8 МГц, — разделительным конденсатором. На варикап контура гетеродина $Д_2$ кроме напряжения настройки подается напряжение с выхода частотного детектора для автоматической подстройки частоты гетеродина. Контура $L_{18}C_{35}$, $L_{19}C_{40}$ и $L_{20}C_{42}$ образуют ФСС тракта ЧМ. Штыревая антенна вместе с подводящими проводами, частью индуктивности L_1, входной емкости T_{18} и емкостью монтажа образует контур, настроенный в районе средней частоты диапазона УКВ.

Блок ВЧ отличается от ранее описанного рядом особенностей: в системе стабилизации напряжения питания гетеродина и блока УКВ применен специальный транзистор T_9; преобразователь частоты (транзисторы T_1, T_2) выполнен по схеме на рис. 2-45 и связан с гетеродином через резистор R_3; для увеличения эффективности АРУ применен кремниевый высокочастотный диод $Д_5$; в коллекторные цепи транзисторов T_1 и T_2 включен индикатор настройки И; в базовую цепь первого каскада УПЧ последовательно включены выходные контуры фильтров АМ ($L_{14}C_5$) и ЧМ ($L_{20}C_{42}$); детекторный каскад АМ (T_8) при приеме на УКВ используется в качестве дополнительного усилителя, а в его коллекторную цепь включен фазосдвигающий трансформатор L_{21}, L_{22}, L_{23} и детектор ЧМ на диодах $Д_3$, $Д_4$; режим преобразователя устанавливается регулировочным резистором R_{13} по нулевым показаниям индикатора.

В блоке ВЧ могут применяться любые ВЧ кремниевые транзисторы, близкие по параметрам к КТ315, и транзисторные сборки различных серий микросхем. Данные всех контуров приемника и трансформатора питания приведены в табл. 2-10. Резисторы: R_{37} — 6,8 к, R_{39}, R_{44} — 2,7 к, R_{45} — 4,7 к.

В блоке НЧ применены регулятор тембра (резистор R_{25}) и транзистор T_{14} (динамическая нагрузка). Транзисторы в УНЧ за исключением выходного и предвыходного каскадов — кремниевые, высокочастотные или среднечастотные. Транзистор T_{12} структуры *p-n-p* (КТ326, КТ337), T_{13} — МП38, T_{15} — МП40, T_{15} и T_{17} — ГТ402 или П214.

В блоке питания диоды $Д_6$ и $Д_9$ могут быть любого типа с $I_{вп.ср.макс} \geqslant 300$ мА. Все контурные катушки фильтров ПЧ помещены в экраны.

Между контактами *14* и *15* следует подключить отсутствующий на схеме конденсатор емкостью 20 мкФ.

2-12. НАЛАЖИВАНИЕ РАДИОПРИЕМНИКОВ

Порядок налаживания

Последовательность работ при налаживании обычно следующая: проверка правильности и устранение ошибок монтажа; проверка правильности режимов электронных ламп и полупроводниковых приборов и устранение несоответствия заданным; проверка характеристик НЧ и ВЧ трактов; устранение возможных дефектов в работе отдельных каскадов; подстройка и сопряжение настроек контуров; измерение основных характеристик приемника в целом.

Проверка правильности монтажа

В процессе монтажных работ необходимо тщательно проверять (например, с помощью омметра) правильность всех соединений в соответствии с принципиальной схемой, полярность включения электролитических конденсаторов, отсутствие замыканий между электродами электронных приборов, отсутствие замыканий между обмотками и обмоток с магнитопроводами трансформаторов, отсутствие соприкасаний неизолированных выводов деталей между собой и с другими токоведущими элементами схемы, отсутствие затеков олова, обрезков монтажного провода и т. п.

Проверку электролитических конденсаторов на отсутствие утечек производят до установки их в приемник с помощью омметра, с соблюдением полярности, указанной на конденсаторе. Омметр должен быть включен в положение измерения больших сопротивлений. При использовании в качестве омметра тестеров различных типов следует принимать во внимание, что у большинства из них отрицательный полюс внутренней батареи омметра соединен с выводом прибора, обозначенным знаком «+». При правильном подключении электролитического конденсатора к омметру и при исправном конденсаторе в момент включения стрелка омметра отклонится тем сильнее, чем больше емкость конденсатора, а затем медленно возвратится в исходное положение. Сопротивление изоляции конденсатора должно быть не менее нескольких мегаом, меньшее сопротивление может привести к изменению режимов электронных приборов (особенно транзисторов, так как в транзисторных усилителях электролитические конденсаторы обычно используются в качестве разделительных). Отсутствие броска стрелки указывает на внутренний обрыв или значительное уменьшение емкости конденсатора за счет высыхания электролита.

При отсутствии возможности проверки параметров электронные приборы проверяют на отсутствие междуэлектродных замыканий и на работоспособность. Отсутствие междуэлектродных замыканий проверяют с помощью омметра, причем для транзисторов и полупроводниковых диодов необходимо соблюдать полярность подсоединения щупов омметра. Сопротивление между выводами базы и эмиттера, базы и коллектора в одном из положений щупов омметра должно быть 10—500 Ом. При изменении полярности подключения на участке коллектор—база сопротивление должно быть не менее 100 кОм, а на участке эмиттер—база — не менее 10 кОм, если транзистор исправен. Напряжение внутренней батареи омметра не должно превышать максимально допустимых напряжений для этих участков; например, у большинства ВЧ транзисторов максимально допустимое обратное напряжение база—эмиттер $U_{БЭ\,макс} \leqslant 1 \div 3$ В.

Проверка режимов электронных ламп

Налаживание следует начинать с проверки режимов питания электронных ламп. Независимо от назначения каскада (усиление НЧ, усиление ВЧ, генерирование колебаний) в каскаде всегда можно выделить основные цепи, определяющие режим ламп по постоянному току. Номинальные напряжения на их электродах обычно указывают на схемах приемников, в справочниках по электронным лампам или определяют по их характеристикам. Режим многосеточных ламп, кроме того, определяется напряжениями на второй и третьей сетках. При питании второй сетки через гасящий резистор напряжение на ней может значительно отличаться от рекомендованного в описании приемника. Для обеспечения заданного режима следует сначала убедиться в исправности блокировочного конденсатора второй сетки, а затем подобрать сопротивление гасящего резистора или сменить лампу. Значительно меньший разброс напряжения на второй сетке при замене лампы обычно получается при питании ее от делителя напряжения.

Режимы каскадов УВЧ и УПЧ (за исключением напряжений смещения) можно измерить с помощью тестера с внутренним сопротивлением 5—10 кОм/В.

На рис. 2-120 представлены способы включения тестера между различными электродами лампы, там же показано подключение тестера к транзистору. В кружочках, изображающих тестер, указаны пределы его шкал, на которых следует проводить измерения.

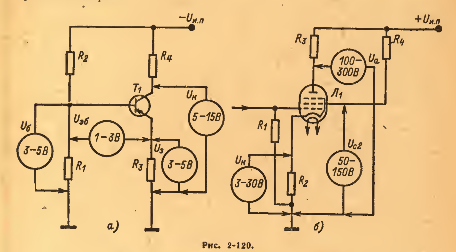


Рис. 2-120.

Настройка приемников прямого усиления

Приемники прямого усиления можно налаживать без специальной измерительной аппаратуры.

После проверки режимов транзисторов или ламп по постоянному току и налаживании УНЧ можно попытаться принять какую-либо радиостанцию. Если она слышна достаточно громко (без свистов и искажений), значит, ВЧ тракт и детектор приемника работают нормально и можно приступить к подгонке границ принимаемого поддиапазона. При искаженном приеме следует устранить неполадки в работе УВЧ и детектора. После этого можно перейти к подгонке границ поддиапазонов приемника.

При отсутствии генератора сигналов эту работу лучше всего производить с помощью вспомогательного приемника, в качестве которого можно использовать РВ приемник промышленного изготовления, имеющий градуировку шкалы. Желательно, чтобы в нем был индикатор настройки. Для контроля частоты настройки контура, определяющего настройку налаживаемого приемника, можно подать на этот контур положительную обратную связь. В одноконтурном приемнике с обратной связью ее увеличивают до возникновения самовозбуждения. Если в приемнике несколько колебательных контуров, то обратную связь следует подать на контур, связанный с детекторным каскадом. Наиболее просто осуществить обратную связь, соединив конденсатором емкостью 5—15 пФ выходную цепь следующего за указанным контуром каскада. Если генерация не возникает, то следует поменять местами концы катушки связи цепи базы транзистора с контуром.

После получения генерации налаживаемый приемник слабо связывают с вспомогательным приемником и принимают его «сигналы», замечая их частоту по шкале вспомогательного приемника. Используя вспомогательный приемник как волномер и изменяя данные контурной катушки налаживаемого приемника, подгоняют настройку его контура в границы заданного поддиапазона. После подгонки в диапазон «основного» контура остальные контуры приемника

настраивают по максимальной громкости приема радиостанций. Сначала приемник настраивают на радиостанцию, работающую в низкочастотном участке диапазона и подстраивают все контуры, изменяя индуктивность контурных катушек. Затем, настроившись на радиостанцию в высокочастотном участке диапазона, подстраивают все контуры, изменяя емкости подстроечных конденсаторов. Для точной подстройки контуров указанные операции необходимо повторить 2—4 раза.

При наличии генератора сигналов подгонку поддиапазонов налаживаемого приемника производят путем настройки его на частоту генератора сигналов, установленную ранее по его шкале. Модулированный звуковой частотой (400 или 1 000 Гц) сигнал подводят ко входу приемника через конденсатор емкостью 100—200 пФ либо через виток связи (см. рис. 2-1), если приемник рассчитан для работы с магнитной антенной.

Настройка супергетеродинных приемников

Настройка контуров тракта ПЧ. Налаживание супергетеродинного приемника следует начинать с настройки резонансных контуров (междукаскадных фильтров и ФСС) тракта ПЧ. Если в приемнике имеется фильтр, предотвращающий попадание сигналов с частотой ПЧ на вход преобразователя частоты, то на время настройки тракта ПЧ этот фильтр следует отсоединить. Его включают после завершения настройки, настроив по минимуму прохождения сигнала ПЧ.

Сигнал промежуточной частоты (465 кГц, 6,5 МГц и т. п.) можно получить от генератора сигналов либо от одного из каскадов УПЧ вспомогательного приемника, настроенного на какую-либо местную радиостанцию. Если в налаживаемом приемнике селективность «рассредоточена», то сначала образцовый сигнал подают на вход последнего каскада УПЧ. Для ослабления влияния настройки контура, к которому подсоединяют входной сигнал, контур должен быть зашунтирован низкоомным резистором. Обычно это условие выполняется, если сигнал подается от генератора сигналов с выходным сопротивлением 50—75 Ом или снимается с обмотки связи с контуром ПЧ вспомогательного транзисторного приемника через конденсатор емкостью 0,01—0,05 мкФ. На слух (по максимальной громкости) или визуально (по показаниям прибора, включенного на выход приемника) настраивают выходной фильтр последнего каскада УПЧ. При наличии в приемнике нескольких каскадов УПЧ по мере настройки сигнал подают на вход предыдущего каскада и настраивают его контуры и фильтры, не изменяя частоты сигнала, но соответственно уменьшая его уровень во избежание перегрузки каскадов УПЧ.

При наличии цепей нейтрализации проходных емкостей транзисторов настройка УПЧ производится следующим образом: после настройки последнего ФПЧ (считая от входа приемника), когда низкоомный выход генератора сигналов переносится на вход предыдущего каскада, изменением частоты генератора сигналов определяется уход частоты настройки последнего ФПЧ. Если частота настройки мало изменилась (расстройка меньше 2—3 кГц), то нейтрализующая емкость выбрана правильно; если же расстройка больше допустимой и произойдет в сторону повышения частоты, то емкость конденсатора цепи нейтрализации следует уменьшить, а если в сторону уменьшения — увеличить.

Во всех случаях при настройке тракта ПЧ следует срывать колебания гетеродина настраиваемого приемника во избежание ложных настроек путем закорачивания контурной катушки гетеродина.

Сопряжение настроек входных и гетеродинного контуров. Сопряжение можно начинать с любого поддиапазона. Если катушки входного или гетеродинного контуров используются на двух или более диапазонах, нужно разобраться в схеме их коммутации и выбрать поддиапазон, с которого следует начинать сопряжение контуров.

Сопряжение контуров следует производить в расчетных точках, которые для стандартных РВ диапазонов имеют следующие значения:

ДВ	160	250	400	кГц
СВ	560	1000	1400	кГц
КВ	4,0	7,2	11,8	МГц
УКВ	66,0	69,0	73,0	МГц

На вход приемника подают сигнал от генератора сигналов через эквивалент внешней антенны либо через виток связи с магнитной антенной приемника, и, поочередно настраивая приемник на крайние частоты поддиапазонов, устанавливаемые по шкале генератора сигналов, вращением соответствующих подстроечных сердечников катушек и осей подстроечных конденсаторов контура гетеродина подгоняют поддиапазоны приемника в следующие границы:

	Настройка индуктивностью	Настройка емкостью	
ДВ	148	415	кГц
СВ	520	1620	кГц
КВ	3,9	12,2	МГц

При отсутствии генератора сигналов границы поддиапазонов настраиваемого приемника определяют с помощью вспомогательного приемника, на который принимают сигнал гетеродина диапазона ДВ, настраивая приемник на 613 кГц (490 м) и 880 кГц (340 м) и одну частоту диапазона СВ 980 кГц (306 м). Для установки второй граничной частоты диапазона СВ (1620 кГц) вспомогательный приемник настраивают на 1155 кГц, а колебания от его гетеродина, с частотой 1620 кГц, принимают на настраиваемый приемник. Аналогичным образом приблизительно устанавливают границы диапазона КВ, которые затем уточняют при приеме радиостанций, работающих в участках диапазона.

Настройка входных контуров. Генератор сигналов поочередно устанавливают на крайние частоты точного сопряжения и, изменяя индуктивность на нижних частотах и емкость на верхних, подстраивают по максимуму выходного напряжения входные контуры. При отсутствии генератора сигналов входные контуры настраивают по максимальной громкости сигналов радиостанций, расположенных по шкале приемника вблизи частот точного сопряжения.

Операции по подгонке границ поддиапазонов и сопряжению входных контуров производят не менее 2—4 раз в каждой из указанных точек для последовательного приближения к точному сопряжению.

При сопряжении контуров приемников с настройкой ферровариометром (например, автомобильных) необходимы генератор сигналов и высокочастотный милливольтметр. Схема преобразовательного каскада с настройкой контуров изменением индуктивности показана на рис. 2-121. Настройку осуществляют следующим образом: к выходному контуру в точке его соединения со входом УВЧ или преобразователя частоты подсоединяют ВЧ милливольтметр; ко входу приемника через эквивалент антенны подсоединяют генератор сигналов и с помощью подстроечного конденсатора C_2 и подбором конденсатора C_3 в соответствующих диапазонах подгоняют границы настроек входных контуров. Затем по шкале генератора сигналов устанавливают частоту точного сопряжения диапазона СВ (1400 кГц) и по максимуму показаний милливольтметра настраивают входной контур на эту частоту. Затем, уменьшив входное напряжение во избежание перегрузки приемника, подстраивают катушку L_3 контура гетеродина до получения максимума напряжения на выходе приемника. Аналогично настраивают входной контур на частоту точного сопряжения 560 кГц и сопрягают с ним контур гетеродина изменением индуктивности катушки L_4. Если в контрольной точке на средней частоте точного сопряжения получить не удалось, то следует несколько

изменить емкость конденсатора C_6 и повторить всю операцию снова. На диапазоне ДВ на частоте 400 кГц сопряжение осуществляется изменением индуктивности

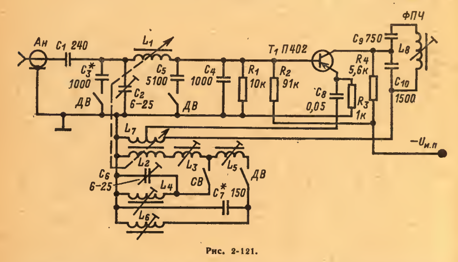


Рис. 2-121.

катушки L_5, а на частоте 160 кГц — катушки L_6. После окончания настройки и подключения антенны необходимо уточнить емкость конденсатора C_2 при приеме радиостанции в любой точке диапазона.

Налаживание тракта приемника ЧМ

Налаживание тракта ЧМ начинают с настройки контуров частотного детектора и тракта УПЧ. Если детектор выполнен по схеме симметричного дробного детектора, на его вход подают напряжение ПЧ от генератора сигналов, а к резистору R_5 (см. рис. 2-86) подсоединяют высокоомный вольтметр. Контуры детектора настраивают по максимуму выходного напряжения. Затем вольтметр включают между точками *а* и *б* и подстраивают вторичный контур, пока напряжение не упадет до нуля. После этого изменяют частоту генератора сигналов в обе стороны от номинального значения ПЧ и снимают зависимость напряжения между точками *а* и *б* от расстройки. Эта зависимость должна быть линейной в пределах ± (75—100) кГц. Ее линейность и симметричность регулируются изменением сопротивлений резисторов R_3 и R_5, R_3 или изменением связи между контурами детектора.

При налаживании дробного детектора, выполненного по несимметричной схеме (см. рис. 2-87), параллельно резистору R_4 присоединяют временный делитель из двух резисторов с сопротивлениями 10—30 кОм (0,47—1 МОм каждый для ламповых приемников), к средней точке которого подсоединяют вольтметр, после чего производят регулировку как и в случае симметричной схемы.

После настройки детекторного каскада настраивают контуры тракта УПЧ по максимальному напряжению на входе детектора или ограничителя. Напряжение на входе детектора следует измерять высокочастотным вольтметром. Напряжение постоянного тока на ограничителе можно замерить вольтметром постоянного тока, подключая его к сетке лампы ограничителя или к электролитическому конденсатору дробного детектора в транзисторном приемнике. При настройке контуров ПЧ необходимо следить за сохранением симметрии полосы пропускания относительно средней частоты, на которой выходное напряжение частотного

детектора равно нулю. Ширина полосы пропускания тракта ПЧ должна быть не менее 120—180 кГц.

Настройка контуров тракта ПЧ и частотного детектора существенно облегчается при применении прибора для настройки телевизоров типа X1-7 (ПНТ-59) или аналогичного генератора качающейся частоты с панорамным индикатором. Высокочастотный выход прибора подсоединяют ко входу УПЧ, вход усилителя вертикального отклонения прибора подсоединяют к выходу частотного детектора и, разобравшись, какой из контуров влияет на форму характеристики тракта, настраивают контуры так, чтобы получить хорошую линейность S-образной кривой и нужную полосу пропускания тракта в целом, наблюдая за характеристикой на экране индикатора. Для определения точного значения «нулевой частоты» детектора пользуются кварцованными частотными метками или генератором сигналов, подключенным ко входу прибора «внешняя метка».

Блок УКВ заводского изготовления обычно настроен и в регулировке не нуждается. Блок УКВ самостоятельного изготовления настраивают с помощью ВЧ пробника прибора X1-7, который подключают к выходу ПЧ блока УКВ. Ко входу блока подсоединяют выход ВЧ генератора качающейся частоты прибора, и, изменяя настройку блока УКВ, по частотным меткам определяют диапазон принимаемых частот. При необходимости его корректируют подстройкой контура гетеродина. Входные контуры и контуры УВЧ настраивают по максимуму кривой на экране индикатора.

ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ ПРИЕМ

РАЗДЕЛ 3

СОДЕРЖАНИЕ

3-1. СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ПРИЕМНИКОВ

Типовая структурная схема телевизионного приемника черно-белого изображения

Современные телевизионные приемники выполняют по супергетеродинной схеме. При этом для усиления сигналов звукового сопровождения в подавляющем большинстве телевизоров используют часть каскадов канала изображения (так называемая одноканальная схема приема — рис. 3-1).

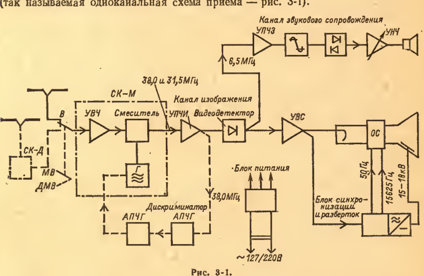


Рис. 3-1.

Смеситель и гетеродин телевизора вместе с УВЧ и переключателем, осуществляющим все переключения при переходе с приема одного телевизионного канала на другой, конструктивно объединяют в блок, который носит название селектора каналов (СК).

Если телевизор рассчитан на прием телевизионных программ не только на 12 каналах МВ, но и в диапазоне ДМВ (табл. 3-1), его снабжают дополнительным блоком — селектором каналов ДМВ. Последний может входить в конструкцию телевизора, быть объединенным с МВ селектором, либо выполняться в виде приставки к телевизору.

Таблица 3-1

Телевизионные каналы, используемые в СССР

Номер канала	Частотные границы канала, МГц	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звукового сопровождения, МГц	Номер канала	Частотные границы канала, МГц	Несущая частота изображения, МГц	Несущая частота звукового сопровождения, МГц
МВ				ДМВ			
1	48,5—56,5	49,75	56,25	21	470—478	471,25	477,75
2	58—66	59,25	65,75	22	478—486	479,25	485,75
3	76—84	77,25	83,75	23	486—494	487,25	493,75
4	84—92	85,25	91,75	24	494—502	495,25	501,75
5	92—100	93,25	99,75	25	502—510	503,25	509,75
6	174—182	175,25	181,75	26	510—518	511,25	517,75
7	182—190	183,25	189,75	27	518—526	519,25	525,75
8	190—198	191,25	197,75	28	526—534	527,25	533,75
9	198—206	199,25	205,75	29	534—542	535,25	541,75
10	206—214	207,25	213,75	30	542—550	543,25	549,75
11	214—222	215,25	221,75	31	550—558	551,25	557,75
12	222—230	223,25	229,75	32	558—566	559,25	565,75
				33	566—574	567,25	573,75
				34	574—582	575,25	581,75
				39	614—622	615,25	621,75

Принятое изображение воспроизводится на экране кинескопа телевизора. В блоке разверток телевизора вырабатываются электрические колебания, которые поступают в отклоняющую систему кинескопа ОС (рис. 3-1). В современных телевизорах используют кинескопы с отклонением электронного луча магнитным полем, поэтому в ОС электрические колебания преобразуются в переменные магнитные поля, под действием которых луч в кинескопе перемещается по экрану слева направо и сверху вниз, последовательно развертывая изображение. На модулятор кинескопа из приемного блока телевизора подаются сигналы изображения, которые производят модуляцию изображения по яркости.

Блок синхронизации и разверток содержит генераторы пилообразных токов строчной (15 625 Гц) и полукадровой (50 Гц) частоты. Этими токами питают катушки ОС. Импульсы для синхронизации генераторов в блоке развертки выделяются из полного телевизионного сигнала в амплитудном селекторе.

Напряжения, необходимые для питания ламп и транзисторов в телевизоре, вырабатываются в блоке питания, который содержит выпрямители (или батареи и преобразователь напряжения в переносных телевизорах). Высокие напряжения для питания кинескопа вырабатываются дополнительным выпрямителем, на который подаются импульсы напряжения от генератора строчной развертки.

Промежуточные частоты изображения и звукового сопровождения разделяются после видеодетектора. Последний выполняет также роль смесителя для несущих ПЧ звука и изображения. Поэтому на его выходе образуется сигнал со второй, более низкой несущей частотой, равной разности между несущими ПЧ изображения и звука, т. е. 38—31,5 = 6,5 МГц (или 34,25—27,75 = 6,5 МГц). Так как одна из несущих ПЧ модулирована по амплитуде, а другая — по частоте, то сигнал разностной частоты оказывается промодулированным не только по амплитуде, но и по частоте (6,5 МГц ± 50 кГц). Разностная частота, являющаяся второй промежуточной частотой звука, выделяется на выходе видеодетектора или видеоусилителя при помощи фильтра, настроенного на частоту 6,5 МГц,

а затем усиливается, подвергается ограничению и детектируется как и в обычиом приемиике ЧМ.

Таким образом, прием звукового сопровождеиия производится с двойным преобразоваиием частоты, причем вместо колебаний второго гетеродиих используется несущая ПЧ изображения. Чтобы существенно умеиьшить помехи иа изображеиии со стороны сигиалов звукового сопровождеиия, нужно, чтобы амплитуда разностиой частоты иа выходе видеодетектора была в 10—20 раз меиьше амплитуды видеосигнала. Участок характеристики УПЧИ в месте, где расположеиа иесущая ПЧ звукового сопровождения, должен быть по возможности близким к горизоитальиому в пределах иескольких сотен килогерц, с тем чтобы умеиьшить вредную амплитудиую модуляцию разностной частоты.

Структуриая схема телевизиоииого приемника цветного изображения

Кииескоп цветного телевизиоиного приемника. Кииескоп имеет три электронных прожектора и экран в виде мозаики из полутора миллионов пятен люминофоров красного, зеленого и сииего свечения (R, G, B) (рис. 3-2).

Пятна мозаики, расположеиые в строго определенном порядке, образуют триады — группы из трех пятеи. Три электроииых луча R, G и B создают три электроиных прожектора, каждый из которых состоит из подогревателя, катода, модулятора, ускоряющего и фокусирующего электродов. Перед экраном расположена цветоделительиая маска — тоиикий металлический лист с отверстиями диаметром 0,25 мм, число которых достигает 550 000. Каждый из трех лучей благодаря фиксироваииому наклону прожектора попадает лишь на пятна люминофора «своего» цвета и возбуждает их. Маска задерживает большую часть электроииого потока лучей и достаточиая яркость свечения люмииофоров достигается при напряжеиии второго анода около 25 кВ и токе каждого из лучей 300—400 мкА.

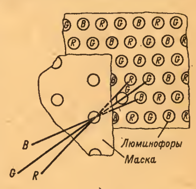


Рис. 3-2.

Режим электрониых прожекторов устанавливают таким, что без сигнала цветности $E_{цв}$ суммарный цвет свечеиия экраиа получается белым. При приеме лишь яркостиого сигнала E'_Y, эквивалентного сигиалу черио-белого телевидения, изображение выглядит «не окрашениым». Под действием сигнала $E_{цв} = E_{цвR} + E_{цвB} + E_{цвG}$, модулирующего три прожектора, возникают различия в интенсивности свечения люмииофоров и изображение «окрашивается». Если декодирующее устройство цветного телевизора выключить, то на иего можио прииимать черио-белые программы.

Структурная схема. Селектор каналов, каскады УПЧИ, видеодетектор и канал звукового сопровождеиия цветиого телевизора аиалогичны функциональиым узлам телевизора для приема черно-белой программы. Поэтому при коиструировании цветиых телевизоров можио использовать селекторы каналов и приемно-усилительиые блоки от обычиых заводских или самодельных телевизоров, иногда с иекоторыми переделками.

Блок разверток цветного телевизора сложиее, для работы ОС трехлучевого кинескопа требуется большая мощность, для иего иеобходимо более высокое (20—25 кВ) и при этом стабильиое ускоряющее напряжение; кроме того, иужен отдельиый выпрямитель, дающий 3—6 кВ иа фокусирующий электрод кинескопа. Однако и блок разверток цветиого телевизора можно коиструировать с примеиением нормализованных деталей (ТВС, ТВК, РРС и др.).

Существенной особенностью цветного телевизора является наличие в нем электромагнитной системы сведения лучей трех электронных прожекторов кинескопа и блока цветности — устройства, декодирующего сигнал цветности.

Блок цветности. Функциональные элементы и узлы этого блока показаны на структурной схеме (рис. 3-3) штрих-пунктирной линией. Сигналы яркости и цветности разделяются после первого видеоусилителя. С его выхода цветовые поднесущие f_R и f_B поступают на полосовой «клапанный» усилитель, выход которого соединен со входом I электронного коммутатора непосредственно и со входом II через УЛЗ. Линия эта задерживает сигналы f_R и f_B на время передачи одной строки изображения, т. е. на 64 мкс, вследствие чего оба сигнала f_R и f_B возникают на входах I и II коммутатора одновременно. При поступлении сигнала f_R вход I соединяется с выходом IV и вход II с выходом III, а при поступлении сигнала f_B вход I соединяется с выходом III, а вход II с выходом IV. В результате на выходе III всегда появляется сигнал f_B, а на выходе IV сигнал f_R.

Коммутатор управляется П-образными импульсами, поступающими от генератора коммутирующих импульсов. Начальная фаза импульсов этого генератора устанавливается цепью опознавания и выключения цвета, которая, кроме того, запирает клапанный усилитель при приеме цветным телевизором черно-белой программы, когда в полном сигнале отсутствуют поднесущие f_R и f_B.

С выходов коммутатора сигналы f_B и f_R поступают на ограничители, усиливаются и подаются на входы частотных детекторов. Здесь сигналы f_B и f_R детектируются, и на выходе детекторов появляются цветоразностные сигналы E'_{B-Y} и E'_{R-Y}. Так как вместо сигнала E'_{B-Y} передается сигнал обратной полярности E'_{Y-B}, то наклон характеристики частотного детектора этого сигнала противоположен наклону характеристики детектора сигнала E'_{R-Y}. Сигналы E'_{B-Y} и E'_{R-Y} усиливаются в видеоусилителях, где осуществляется коррекция видеочастотных предыскажений, и поступают в матрицу, где формируется сигнал E'_{G-Y}, который усиливается видеоусилителем.

Кроме сигналов от деталей изображения на выходе видеоусилителей E_{B-Y} и E_{R-Y} появляются сигналы опознавания, которые подаются в суммирующую цепь, содержащую фильтр верхних частот. Этот фильтр формирует сигналы, используемые для управления цепью опознавания и выключения цвета.

Полученные на выходе блока цветности сигналы E'_{B-Y}, E'_{R-Y} и E'_{G-Y} поступают на модуляторы прожекторов кинескопа. Одновременно на катоды прожекторов поступает яркостный сигнал E'_Y с выхода видеоусилителя яркостного канала. В кинескопе происходит сложение сигнала E'_Y и сигналов E'_{B-Y}, E'_{R-Y} и E'_{G-Y}, прожекторы оказываются промодулированными сигналами цветности E'_B, E'_R и E'_G и на экране воспроизводится цветное изображение.

В видеоусилителе яркостного канала имеется линия задержки (ЛЗ), в которой сигнал E'_Y задерживается на время 0,6—0,8 мкс. Это необходимо для того, чтобы сигнал E'_Y и запаздывающие сигналы цветности от одной и той же детали изображения одновременно модулировали прожекторы кинескопа. Из-за запаздывания сигналов цветности, усиливаемых в канале, полоса пропускания которого уже полосы канала яркости (1,5 и 6 МГц соответственно), цветные детали на экране кинескопа могут сдвинуться относительно контуров деталей изображения.

Параметры телевизионных приемников

В зависимости от технических характеристик телевизоры черно-белого изображения разделяются на классы I—IV (табл. 3-2), причем приемники класса IV изготавливают только переносными.

Продолжение табл. 3-2

Параметр	Классы телевизора			
	I	II	III	IV
Нестабильность размеров изображения, %, не более:				
прн прогреве	3	5	5	*
прн нзмеиенни иапряження питаиия от +5 до −10%	4	6	6	*
Расстройка частотного детектора прн прогреве, кГц, не более	± 10	± 15	± 20	± 25
Средиее (иоминальное) звуковое давление, Па, ие меиее	0,8	0,6	0,4	*
Частотная характеристнка тракта звукового сопровождення по звуковому давлению прн иеравномерностн не более 14 дБ, Гц, не уже	80—12 500	100—10 000	125—7100	*
Коэффициент гармоиик тракта звукового сопровождеиия по звуковому давленню, %, ие более:				
иа частотах 200—400 Гц	5	7	7	*
на частотах свыше 400 Гц	4	5	5	*
Уровень акустнческого шума, дБ, ие более	30	40	40	—

Примечание. Зиак * означает, что норма должиа быть указана для телевизоров конкретиых типов в специальных ТУ и стандартах, утверждаемых дополнительно.

Телевнзоры всех классов должиы принимать сигналы телецентров, работающих во всех каиалах диапазонов МВ и ДМВ (см. табл. 3-1). В телевизорах с электроииой иастройкой днапазои прииимаемых частот может быть разбнт на поддиапазоиы: I — каналы 1 и 2; II — каналы 3—5; III — каналы 6—12; IV и V — каиалы 21—39. Для обеспечеиия приема в IV и V днапазоиах в телевизорах всех классов должиа быть предусмотреиа возможиость установки блоков СК-Д. Зиачеиия промежуточиых частот прииятьі: для изображеиия — 38,0 МГц, для звука — 31,5 МГц.

У телевизоров классов I н II нестабнльиость частоты гетеродииа от прогрева должиа быть ие более ± 300 кГц, а прн нзмеиеиии иапряжеиия питания от +5 до −10% — не более ± 200 кГц. У телевизоров классов III н IV в диапазонах МВ как от прогрева, так и от колебаиия иапряжеиия пнтання в тех же пределах нестабильность частоты не должна превышать ± 300 кГц; в диапазонах ДМВ в завнсимости от конкретного типа телевизора нормы утверждаются дополнительно.

Частота следоваиия кадров и полей установлена равной соответствеиио 25 и 50 Гц, частота разложеиня по строкам — 15 625 Гц, а формат кадра (отношеиие его шириньі к высоте) 4 : 3 (ГОСТ 7845-72). Прн формате кадра 4 : 3 длнтельность обратного хода луча по вертнкалн и горизоитали должна составлять ие более 5% периода кадровой разверткн и ие более 18% периода строчиой развертки. При формате кадра 5 : 4 длительность обратного хода строчной разверткн должна

быть не более 22% ее периода. Допустимо снижение разрешающей способности на краях экрана не более чем на 10%.

ГОСТ 18198-72 предусматривает также для телевизоров всех классов выполнение следующих требований: 1) номинальное сопротивление входной асимметричной ВЧ цепи должно быть равным 75 Ом, а коэффициент отражения в этой цепи не более 0,5; 2) уровень поля излучения гетеродина на расстоянии 3 м от телевизора на основных частотах и гармониках 1—5-го каналов не должен составлять более 0,5 мВ/м, а на основных частотах 6—12-го каналов — не более 1 мВ/м; 3) избирательность по промежуточной частоте в полосе 31,25—39,25 МГц для 1-го и 2-го каналов должна быть не хуже 40 дБ, а для остальных каналов 50 дБ; избирательность по зеркальному каналу в диапазоне МВ должна быть не хуже 45 дБ, а в диапазоне ДМВ 50 дБ; 4) геометрические искажения растра типов «бочка», «подушка», «трапеция», «параллелограмм» не должны превышать 3%; 5) синхронизация не должна нарушаться при изменении напряжения видеосигнала от номинального в пределах 0,75—3,5 и при изменении напряжения сети ± 10%; 6) должно отсутствовать яркое пятно на экране после выключения телевизора; 7) должна иметься возможность подключения телефонов как при включенных, так и при выключенных громкоговорителях; 8) телевизоры должны подключаться к сети напряжением как 127, так и 220 В и сохранять работоспособность при изменениях напряжения питания от +5 до —10% (телевизоры класса IV должны, кроме того, иметь автономный источник питания напряжением 12 В).

Для телевизоров класса I необходимо обеспечить: 1) наличие на модуляторе кинескопа постоянной составляющей сигнала и отсутствие заметных искажений звука до появления изображения после включения; 2) автоматическую и ручную подстройку частоты гетеродина; 3) регулировку тембра по нижним и верхним частотам; 4) подключение магнитофона для записи звукового сопровождения; 5) возможность управления как с помощью проводного, так и беспроводного ПДУ. Для телевизоров класса II необходимо обеспечить выполнение этих же требований, но в них может отсутствовать регулировка тембра по нижним частотам и не обязательна возможность использования беспроводного ПДУ. В телевизорах класса III и IV выполнение перечисленных требований, предъявляемых к телевизорам класса I и II, не обязательно.

Определение основных параметров по универсальной испытательной таблице

Для субъективного и объективного определения основных параметров телевизионных приемников и параметров черно-белого и цветного (по системе SECAM) телевизионных изображений применяется универсальная электрическая испытательная таблица — УЭИТ, которая обеспечивает возможность контролировать следующие параметры:

1) формат изображения;
2) устойчивость синхронизации разверток;
3) растровые (геометрические) искажения;
4) четкость изображения;
5) воспроизведение градаций яркости;
6) тянущиеся продолжения и повторы;
7) правильность чересстрочной развертки;
8) установку уровня черного;
9) установку центровки изображения.

Кроме того, УЭИТ позволяет контролировать также параметры цветного телевизионного изображения:

10) верность цветопередачи на разных уровнях яркости и основные цвета кинескопа;
11) совмещение (сведение лучей) трех изображений;
12) динамический баланс белого;

13) цветовую четкость;
14) установку «нулей» частотных детекторов;
15) цветовые переходы;
16) соответствие уровней яркостного и цветоразностных сигналов на управляющих электродах приемной трубки;
17) временнóе совпадение яркостного и цветоразностных сигналов.

УЭИТ (рис. 3-4) имеет прямоугольную форму с отношением ширины к высоте 4 : 3. Отклонение ее от прямоугольной формы позволяет контролировать геометрические искажения телевизионного растра. УЭИТ имеет обрамление из

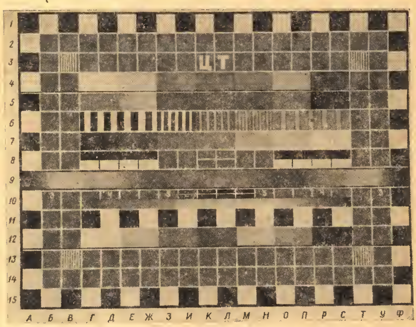


Рис. 3-4.

чередующихся черно-белых (соответствующих уровням черного и белого) прямоугольников в горизонтальных рядах *1* и *15* и в вертикальных *А* и *Ф* минимальной и максимальной яркости. Они используются для контроля работы амплитудных селекторов синхроимпульсов (устойчивости синхронизации) в телевизионных приемниках и видеоконтрольных устройствах (ВКУ). При неправильной работе селектора вертикальные линии на экране становятся ломаными. О максимальном размахе сигнала изображения можно судить, производя осциллографический контроль сигнала, соответствующего строкам обрамления УЭИТ.

УЭИТ имеет сетку из 14 горизонтальных и 19 вертикальных белых линий. Сетка служит для контроля линейности разверток, сведения лучей цветного кинескопа и искажений в виде многоконтурности (повторов). Для проверки искажений в виде многоконтурности могут использоваться также темные линии на белых прямоугольниках (квадраты *8*, *Г* — *Ж* и *О* — *С*). Горизонтальные белые линии образуются в результате засветки двух соседних строк. Вертикальные линии сетки создаются импульсами с длительностью, равной двум элементам разложения телевизионного изображения.

Участки *8, Г — С* предназначены для проверки искажений в виде тянущихся продолжений.

Горизонталь *9* служит для проверки яркостной горизонтальной четкости. На ней находятся семь групп черно-белых штрихов, которым соответствуют сигналы частот, указанных цифрами на горизонтали *10* в мегагерцах. На участке *9, К — Л* штрихи соответствуют 5,5 МГц (частотам 3, 4, 5 и 5,5 МГц соответствует примерно 330, 440, 550 и 600 линий четкости, определяемой по таблице 0249). На экране цветного телевизора эти черно-белые штрихи приобретают дополнительную окраску, создаваемую сигналами от них, попадающими в канал цветности.

В участках *3, В*; *3, Т*; *13, В* и *13, Т* расположены вертикальные черно-белые штрихи, которым соответствует сигнал частотой 3 МГц. Они используются для контроля четкости по углам таблицы и фокусировки электронного луча. На экране цветного телевизора по горизонтали *10, Г — С* воспроизводится непрерывное изменение цвета от зеленого до пурпурного с переходом через белое (серое) в середине полосы. По этим сигналам возможен осциллографический контроль ухода нулей и линейности АЧХ детекторов цветоразностных сигналов.

На участках *11, Г — С* имеются чередующиеся черно-белые квадраты, которые совместно с участками *12, Г — С* предназначены для контроля соответствия уровней яркостного и цветоразностных сигналов. Контроль производят при включенном блоке цветности путем сравнения яркостей соответствующих участков горизонталей *11* и *12* при закрытых двух лучах кинескопа.

Для контроля закрывают «синий» и «зеленый» электронные лучи кинескопа. Если яркость красного цвета на участках *11* и *12* одинакова от *Г* до *С*, то уровень сигнала «красного» соответствует установленному уровню яркостного сигнала. Соответствия добиваются изменением уровня сигнала «красного» или уровня яркостного сигнала.

Затем открывают «синий» и запирают «красный» лучи кинескопа. Если яркость синего цвета на участках *11* и *12* не одинакова от *Г* до *С*, то уровень сигнала «синего» не соответствует уровню яркостного сигнала. Уровень сигнала «синего» устанавливают, не изменяя уровня яркостного сигнала. Если при изменении уровня сигнала «синего» необходимого соответствия яркостей синего цвета между участками *11* и *12* не получается, то изменяют уровень яркостного сигнала. Однако после этого следует повторить операцию по установке уровня сигнала «красного».

Центр УЭИТ образован пересечением горизонтальной белой линии в квадратах *8, К — Л* с вертикальной линией, разделяющей участки *К* и *Л*, которые служат для статического сведения лучей цветного кинескопа и для центровки изображения.

Для оценки качества чересстрочной развертки на участке *10, И — М* расположена горизонтальная светлая линия, имеющая толщину, равную трем соседним строкам. При правильной чересстрочной развертке линия имеет два равномерных и симметричных по высоте темных зазора.

На экране цветного телевизора в горизонталях *4, 5* и *12, Г — С* воспроизводятся цветные полосы различной яркости и насыщенности. Они предназначены для объективной оценки с помощью колориметра верности цветопередачи на разных уровнях яркости и для контроля основных цветов приемника (горизонталь *12, Г — С*). Цветные полосы на участках *5, Г — С* могут также использоваться для проверки коррекции предыскажений по видеочастоте (осциллографическим способом или визуально по воспроизведению переходов от одного цвета к другому).

На экране цветного телевизора в горизонтали *6, Г — С* воспроизводятся цветные штрихи для визуальной проверки цветовой четкости: участок *6, Г — Ж* содержит желто-синие штрихи, которым соответствует частота импульсов 0,5 МГц; участок *6, З — И* — желто-синие штрихи (1,0 МГц); участок *6, К — Л* — зелено-пурпурные штрихи (1,0 МГц); участок *6, М — Н* — красно-голубые штрихи (1,0 МГц) и участок *6, О — С* — красно-голубые штрихи (0,5 МГц). По желто-

сним штрнхам (0,5 МГц) контролируют работу линии задержки яркостного канала и временное совпадение яркостного и цветоразностных сигналов. По цветным штрихам также возможен контроль настройки контура коррекции высокочастотных предыскажений («клеш»). При правильной настройке контура «клеш» цвет желто-синих и красно-голубых штрихов примерно соответствует аналогичиым цветам горизонтали *4*. Если теряют окраску желтые н красные штрихи, то это означает, что контур «клеш» настроен на более высокую резонансную частоту, если же теряют окраску синий и голубой штрихи, то — на более низкую частоту.

По горизонталн *7, Г — С* расположена шкала, которая создается ступенчатым сигналом. По ней осуществляется контроль воспроизведения градаций яркости, динамнческого баланса белого, а также установка «нулей» частотных детекторов цветоразностных сигналов. При правильной установке «нулей» серая шкала не должна изменять своего цветового оттенка при включенном и выключенном блоке цветности. Для их установки закрывают «красный» и «зеленый» (а затем «синий» и «зеленый») лучи кинескопа. Настраивая контур частотного детектора канала «синего» («красного»), добиваются равенства яркостей участков *7, Д — С* синего (красного) цвета прн включенном и выключенном блоке цветности.

Участки *7, Д* и *Г* служат для установки уровня черного. Уровень сигнала, соответствующего участку *7, Д* на 4% выше уровня черного. Сначала регулируя яркость изображения, добиваются, чтобы на участках *7, Г* и *7, Д* было заметно различие по яркости. Затем ее уменьшают до тех пор, пока яркости этих участков не сравняются.

3-2. СЕЛЕКТОРЫ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ КАНАЛОВ

Усилители высокой частоты селекторов

К УВЧ, входящему в состав селектора, предъявляются следующие основные требования: 1) минимальный уровень собственных шумов; 2) усиление принятого сигнала до уровня, превышающего в необходимое количество раз уровень собственных шумов, следующего за УВЧ преобразовательного каскада; 3) иеравномерность полосы принимаемых частот на всех каналах — от несущей изображения до несущей звука не более 2—3 дБ.

УВЧ селекторов иа электроииых лампах. Для удовлетворения перечисленных требований в УВЧ используют электронные лампы с малыми собственнымн шумами и большими входными сопротивлениями. В блоке ПТК на каналы 1—12 применяют УВЧ на двух триодах по схеме общий катод — общая сетка (каскодная схема) (рис. 3-5, *а*). По сравнению с пентодами триоды обладают меньшим уровием собственных шумов, однако из-за большей проходной емкости сетка — анод триоды могут устойчиво работать или в УВЧ по обычной схеме с общим катодом при нейтрализации указанной емкости, или в схеме с общей сеткой, где проходная емкость катод — анод существенно меньше. Устойчивую нейтрализацию удается осуществить при малом усиленин каскада, поэтому необходим второй каскад УВЧ с малым уровнем собственных шумов. Каскад с общей сеткой обладает малым входным сопротивлением ($R_{вх} = 1/S$), и при подключении его к входному контуру он будет сильно зашунтирован этим сопротивлением.

В УВЧ, построенном по каскодной схеме, анодной нагрузкой первого триода является цепь катод — заземленная сетка второго трнода. Поэтому усиление, даваемое первым триодом, мало, но его входное сопротивление относительно велико и нейтрализация проходной емкости устойчива. Основное усиленне обеспечивается вторым трнодом с заземленной сеткой. Устойчивое усиление можно получить и без нейтрализацин проходной емкости первого трнода, однако нейтрализация уменьшает обратную связь через эту емкость н снижает собственные шумы УВЧ.

Для нейтрализации проходной емкости $C_{прох}$ первого триода каскодного УВЧ используют мост, образованный емкостями C_1, C_2, $C_{прох}$ и $C_{вх}$ (рис. 3-5, *б*). Три-

оды в каскодной схеме выгодно соединять по постоянному току последовательно. Этот режим определяется делителем R_2R_3, напряжение с которого, приложенное к сетке второго триода, повторяется этим триодом как катодным повторителем в его катодной цепи.

Катушка индуктивности L_3 вместе с выходной емкостью первого триода образует последовательный колебательный контур, нагруженный на входное сопро-

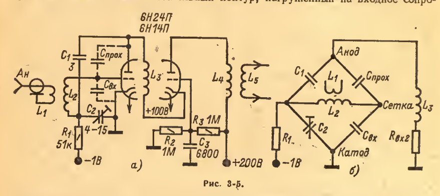


Рис. 3-5.

тивление второго триода. Это дает возможность лучше согласовать входное сопротивление второго триода с выходным сопротивлением первого и повысить общее усиление. В качестве нагрузки в анодную цепь второго триода может включаться одиночный контур или полосовой фильтр.

При очень слабом принимаемом сигнале первые каскады УВЧ иногда располагают не в телевизоре, а непосредственно у антенны. При передаче по длинному кабелю усиленного сигнала удается ослабить влияние шумов и помех,

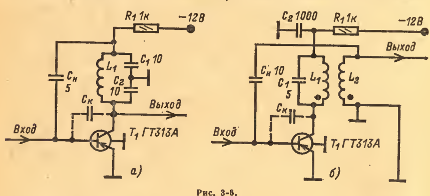


Рис. 3-6.

наводимых на кабель, и улучшить отношение сигнал/шум на входе телевизора. В этом случае согласование выходного сопротивления УВЧ с волновым сопротивлением кабеля осуществляется трансформатором, образованным катушками индуктивности L_4 и L_5.

Для работы в УВЧ по каскодной схеме специально разработаны двойные триоды 6Н14П и 6Н23П, отличающиеся повышенной крутизной, малым уровнем шумов и сравнительно большим входным сопротивлением на верхних частотах телевизионного диапазона.

УВЧ селекторов на транзисторах. Обычно в УВЧ малогабаритных и переносных телевизоров транзистор включают по схеме ОЭ. Так как входное сопротивление транзистора в этой схеме выше, чем в схеме с заземленной базой, то удается лучше согласовать его с входным контуром. Для устойчивой работы такого УВЧ применяется нейтрализация внутренней обратной связи, возникающей в транзисторе за счет емкости коллекторного перехода. С этой целью в усилитель введена цепь внешней обратной связи, через которую передается напряжение из выходной цепи во входную в противофазе по отношению к напряжению, передаваемому через внутреннюю обратную связь.

В усилителях на рис. 3-6 элементом нейтрализации служит конденсатор $C_н$. Получить противофазное (по отношению к коллекторному) напряжение для цепи нейтрализации удается, заземлив среднюю точку контура $L_1C_1C_2$ (рис. 3-6, *а*) или снимая это напряжение с дополнительной катушки L_2, связанной с контуром L_1C_1. В усилителе на рис. 3-6, *б* емкость $C_н$ зависит от коэффициента трансформации и коэффициента связи между катушками L_1 и L_2, а в усилителе на рис. 3-6, *а* — от отношения емкостей конденсаторов C_1 и C_2. Подавая напряжение от генератора сигналов на коллектор транзистора, подбирают такую емкость $C_н$, чтобы напряжение сигнала во входной цепи, измеренное ламповым милливольтметром, было минимально. Наименьший уровень внутренних шумов УВЧ на транзисторе достигается при токе коллектора 2—3 мА.

Преобразователи частоты селекторов

Преобразователи частоты на лампах. В ламповых селекторах диапазона МВ преобразователь состоит из односеточного смесителя, обладающего наименьшими внутренними шумами, и отдельного гетеродина по схеме емкостной трехточки на

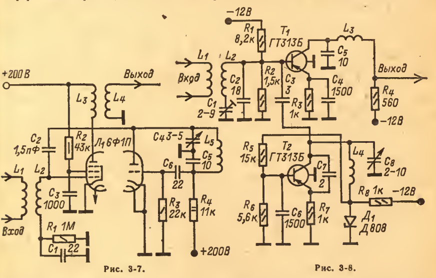


Рис. 3-7. **Рис. 3-8.**

триоде $Л_1$ (рис. 3-7). Напряжения с частотами сигнала (с катушки контура L_2) и гетеродина (через конденсатор C_2) подаются на одну и ту же сетку пентода лампы $Л_1$, работающего смесителем. Благодаря этому обеспечиваются малый уровень внутренних шумов смесителя и высокая крутизна преобразования.

Преобразователи частоты на транзисторах. Наибольшее распространение получил преобразователь по схеме рис. 3-8. Транзистор T_1 работает в смесителе,

а T_2 — в гетеродине. Транзистор смесителя включен по схеме ОЭ, так как коэффициент преобразования при этом выше, чем у смесителя по схеме ОБ. Режим работы смесителя выбирается из соображений получения максимального коэффициента преобразования (величина внутренних шумов смесителя не имеет такого значения, как в УВЧ). Связь между УВЧ и смесителем может быть индуктивной или емкостной. Максимальный коэффициент преобразования обеспечивается при напряжении гетеродина 200—300 мВ.

Гетеродин выполнен по схеме емкостной трехточки, в которую входят емкости коллекторного и эмиттерного переходов. Обратная связь осуществляется через небольшую емкость C_7. Стабильность частоты хуже, чем в ламповом гетеродине, и зависит от температурных свойств транзистора и элементов цепей гетеродина. Для улучшения стабильности применяют конденсаторы C_7 и C_8 с отрицательными ТКЕ. Чтобы генерируемая частота не зависела от напряжения питания, его стабилизируют при помощи стабилитрона $Д_1$.

Селекторы каналов диапазона метровых волн

Селекторы каналов на лампах. Селектор ПТК-11Д. Селектор каналов ПТК-11Д, выпускаемый для унифицированных ламповых и лампово-полупроводниковых телевизоров (УНТ, УТЛ и УЛППТ), содержит широкополосный УВЧ по каскодной схеме на двойном триоде с малым уровнем внутренних шумов и преобразователь частоты на пентод-триоде (рис. 3-9, табл. 3-3). Для каждого из 12 телевизионных каналов в селекторе имеются отдельные контурные катушки индуктивности, расположенные в барабане переключателя. Антенный вход селектора рассчитан на подключение антенного коаксиального фидера с волновым сопротивлением 75 Ом. Связь антенного фидера со входом УВЧ индуктивная (при приеме на первом канале с помощью катушек L_1 и L_2). Принятый ВЧ сигнал поступает на сетку левого по схеме триода лампы $Л_1$. На эту же сетку через штырь *4* разъема $Ш_1$ и резистор R_1 подается напряжение АРУ с приемно-усилительного блока.

Между анодом левого триода и катодом правого триода лампы $Л_1$ имеется резонансный контур, образованный выходной емкостью левого триода и дросселем $Др_1$. Полоса пропускания этого контура достаточно равномерна для большинства принимаемых каналов.

Через двухконтурный полосовой фильтр, состоящий из конденсаторов C_8, C_9, C_{10} и катушек индуктивности (L_{25} и L_{26} для первого канала), усиленный ВЧ сигнал поступает на управляющую сетку пентодной части лампы $Л_2$, работающей в смесителе преобразователя частоты. На эту же сетку через конденсатор C_{15} поступает напряжение гетеродина, в котором работает триодная часть лампы $Л_2$. При этом в цепи управляющей сетки пентодной части лампы $Л_2$ протекает сеточный ток, образующий падение напряжения на резисторе R_6. Падение напряжения можно обнаружить вольтметром, подключив его к контрольной точке $КТ_1$, при неисправном гетеродине падения напряжения нет. Сеточная цепь селектора ПТК-11Д рассчитана на подключение селектора ДМВ, которое производится через средний вывод дросселя $Др_4$ в положении переключателя, соответствующем приему в одном из каналов 6—12. При этом смеситель селектора ПТК-11Д используется в качестве дополнительного каскада УПЧИ.

Спектр промежуточных частот с несущей изображения 38 МГц и несущей звукового сопровождения 31,5 МГц выделяется одиночным контуром с катушкой L_{65} с автотрансформаторным подключением кабеля для соединения с УПЧИ (рис. 3-10). С выхода селектора сигнал поступает на вход УПЧИ через штырь *8* разъема $КП_8$, при помощи которого селектор соединяется с основными блоками телевизора.

В контуре гетеродина селектора имеется варикап Д902, изменением смещения на котором осуществляется электронная настройка этого контура и АПЧГ.

Селектор ПТК-11Д используется в унифицированных черно-белых и цветных телевизорах и обладает выходным сопротивлением 75 Ом. Это дает возмож-

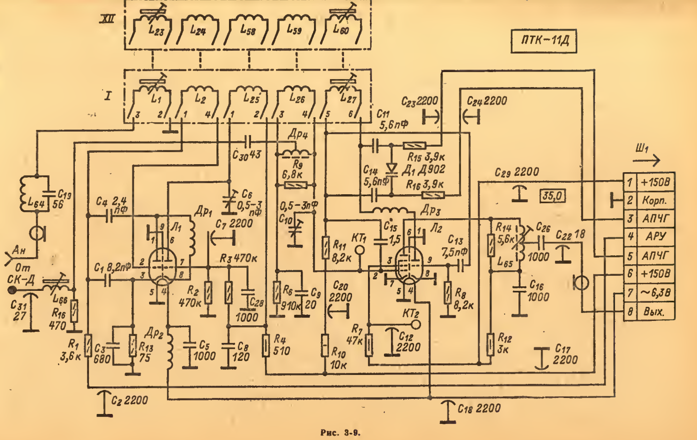

ПТК-11Д
XII
I
L23
L24
L58
L59
L60
L1
L2
L25
L26
L27
Ш1
1 +150В
2 Корп.
3 АПЧГ
4 АРУ
5 АПЧГ
6 +150В
7 ~6,3В
8 Вых.
C23 2200
C24 2200
C11 5,6пФ
R15 3,9к
Д1 Д902
C14 5,6пФ
R16 3,9к
Др3
Др4
R9 6,8к
C30 43
C29 2200
35,0
C19 56
L64
Ан
От СК-Д
C31 27
L66
R16 470
R1 3,6к
C3 680
R13 75
Др2
C5 1000
C8 120
R4 510
R10 10к
R7 47к
C12 2200
R12 3к
C17 2200
C2 2200
C18 2200
C4 2,4 пФ
C1 8,2пФ
Л1
Др1
C6 0,5–3 пФ
C7 2200
R3 470к
R2 470к
C28 1000
0,5–3пФ
C10
R6 910к
C9 20
C20 2200
R11 8,2к
КТ1
КТ2
C15 1,5
Л2
C13 7,5пФ
R8 8,2к
R14 5,6к
L65
C26
C22 18
1000
C16 1000

Рис. 3-9.

Таблица 3-3

Данные контурных катушек селекторов ПТК-11Д

Номер канала	Обозначение в схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода
1	L_1	4	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_2	32	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{25}	18	ПЭВТЛ-1	0,31
	L_{26}	21	ПЭВТЛ-1	0,31
	L_{27}	13	ПЭВТЛ-1	0,31
2	L_3	3	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_4	27	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{28}	14	ПЭВТЛ-1	0,31
	L_{29}	16	ПЭВТЛ-1	0,31
	L_{30}	10	ПЭВТЛ-1	0,31
3	L_5	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_6	17	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{31}	11	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{32}	13	ПЭВТЛ-1	0,31
	L_{33}	10	ПЭВТЛ-1	0,51
4	L_7	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_8	14	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{34}	10	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{35}	11	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{36}	8	ПЭВТЛ-1	0,51
5	L_9	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{10}	13	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{37}	9	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{38}	9	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{39}	7	ПЭВТЛ-1	0,51
6	L_{11}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{12}	6	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{40}	4	ПЭВТЛ-1	0,8
	L_{41}	4×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{42}	3	ПЭВ-1	0,8
7	L_{13}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{14}	6	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{43}	4×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{44}	3	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{45}	3	ПЭВ-1	0,8
8	L_{15}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{16}	5	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{46}	3	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{47}	3×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{48}	3	ПЭВ-1	1,0
9	L_{17}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{18}	5	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{49}	3×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{50}	3×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{51}	3	ПЭВ-1	1,0
10	L_{19}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{20}	4	ПЭВТЛ-2	0,51
	L_{52}	3×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{53}	2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{54}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
11	L_{21}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{22}	4	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{55}	3×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{56}	2	ПЭВТЛ-1	0,8
	L_{57}	2	ПЭВТЛ-1	0,64
12	L_{23}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{24}	4	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{58}	2	ПЭВТЛ-1	0,51
	L_{59}	2×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	L_{60}	2×2	ПЭВТЛ-1	0,41
	$Др_1$	6,5	ПЭВТЛ-1	0,64
	L_{65}	23+8	ПЭВТЛ-1	0,31
	$Др_2$	18	ПЭВТЛ-1	0,51
	$Др_3$	4	ПЭВТЛ-1	0,8
	$Др_4$	9+16	ПЭВТЛ-1	0,18

Примечание. Катушки L_1—L_{60} намотаны на каркасах ⌀ 5 мм, L_{65}—на каркасе ⌀ 9 мм. Катушки сеточные, гетеродинные, L_{65}—снабжены латунными сердечниками—подстроечниками. Все катушки, кроме L_{11}—L_{24} и L_{40}—L_{60}, намотаны виток к витку; так как все катушки могут подстраиваться раздвиганием витков, то шаг намотки катушек L_{11}—L_{24} и L_{40}—L_{60} может находиться в пределах 2—3 мм, а расстояние между катушками усилителя и гетеродина (анодной, сеточной и гетеродинной) в пределах 0—3 мм.

ность соединять селектор со входом УПЧИ кабелем длиной до 60—80 см с таким же волновым сопротивлением.

Если на входе УПЧИ имеется ФСС, то его входное сопротивление должно быть также равным 75 Ом. Схемы соединения селектора ПТК-11Д со входом лампового УПЧИ и с селектором ДМВ показаны на рис. 3-10.

Число 38 (46, 74 или 86), входящее в обозначение селектора каналов, соответствует длине в миллиметрах оси его переключателя.

Селекторы каналов на транзисторах. Селектор ПТКП-3. Селектор ПТКП-3 (рис. 3-11, табл. 3-4) выпускается для переносных телевизоров «Юность» и «Электроника» (ППТ-23-1, ППТ-23-2 и ППТ-16-1).

Таблица 3-4

Данные контурных катушек селектора ПТКП-3

Номер канала	Обозначение в схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода
1	L_1	18	ПЭВ-1	0,12
	L_2	31	ПЭВ-1	0,15
	L_3	29	ПЭВ-1	0,15
	L_4	12	ПЭВ-1	0,19
2	L_5	17	ПЭВ-1	0,12
	L_6	25	ПЭВ-1	0,15
	L_7	24	ПЭВ-1	0,15
	L_8	10	ПЭВ-1	0,19
3	L_9	15	ПЭВ-1	0,12
	L_{10}	18	ПЭВ-1	0,15
	L_{11}	18	ПЭВ-1	0,15
	L_{12}	8	ПЭВ-1	0,19
4	L_{13}	12	ПЭВ-1	0,12
	L_{14}	15	ПЭВ-1	0,15
	L_{15}	15	ПЭВ-1	0,15
	L_{16}	7	ПЭВ-1	0,19
5	L_{17}	10	ПЭВ-1	0,12
	L_{18}	14	ПЭВ-1	0,15
	L_{19}	14	ПЭВ-1	0,15
	L_{20}	6	ПЭВ-1	0,19
6	L_{21}	7	ПЭВ-1	0,19
	L_{22}	6	ПЭВ-1	0,31
	L_{23}	6	ПЭВ-1	0,31
	L_{24}	3	ПЭВ-1	0,31
	L_{25}	6	ПЭВ-1	0,19
7	L_{26}	6	ПЭВ-1	0,31
	L_{27}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{28}	2,5	ПЭВ-1	0,31
8	L_{29}	6	ПЭВ-1	0,31
	L_{30}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{31}	2,5	ПЭВ-1	0,31
	L_{32}	6	ПЭВ-1	0,31
9	L_{33}	6	ПЭВ-1	0,31
	L_{34}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{35}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{36}	2	ПЭВ-1	0,31
10	L_{37}	6	ПЭВ-1	0,31
	L_{38}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{39}	4	ПЭВ-1	0,31
	L_{40}	2	ПЭВ-1	0,31
11	L_{41}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{42}	4	ПЭВ-1	0,31
	L_{43}	4	ПЭВ-1	0,31
	L_{44}	1,5	ПЭВ-1	0,41
12	L_{45}	5	ПЭВ-1	0,31
	L_{46}	4	ПЭВ-1	0,31
	L_{47}	3	ПЭВ-1	0,31
	L_{48}	1,5	ПЭВ-1	0,41
	L_{49}	12	ПЭВ-1	0,19
	L_{50}	13	ПЭВ-1	0,19
	L_{52}	21	ПЭВ-1	0,12

Примечание. Катушки намотаны виток к витку; L_{1-48} на каркасах ⌀ 3 мм с латунными сердечниками ⌀ 2 мм, а L_{49}—L_{52} на каркасах ⌀ 5 мм с латунными сердечниками ⌀ 3 мм.

Транзистор T_1 УВЧ включен по схеме ОБ. В цепь его эмиттера включен П-контур, образованный конденсаторами C_5—C_7, входной емкостью транзистора,

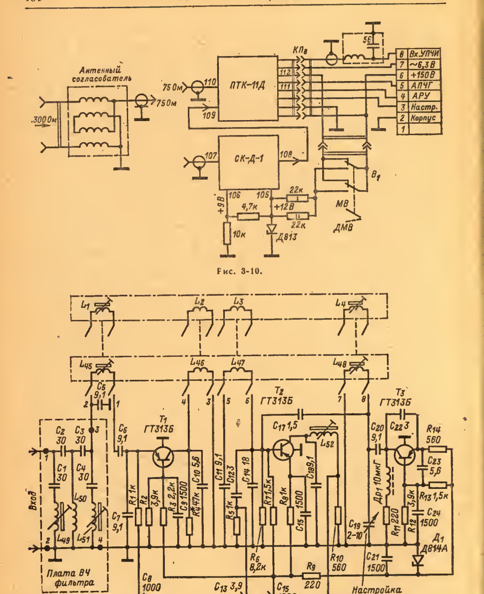


Рис. 3-10.

Рис. 3-11.

емкостью монтажа и катушками $L_1 - L_{45}$, переключаемыми прн приеме в каиалах 1—12. Фнльтры $L_{49}L_{51}$, $C_1 - C_4$ — заградительиые, обеспечнвают селектнвность блока по промежуточной частоте.

Цепь коллектора транзистора T_1 связаиа через полосовой фнльтр с катушкамн $L_2 - L_{47}$ с цепью базы транзнстора T_2, работающего в смеснтеле. В первнчный контур этого фильтра входят выходная емкость траизистора T_1, емкости монтажа н конденсатора C_{10}, а во вторичный — входная емкость транзистора T_2, емкости монтажа и коиденсаторов C_{11}, C_{14}.

Через фнльтр C_8R_1 иа эмиттер транзистора T_1 подается напряжение АРУ. При увеличенни принимаемого сигнала это иапряженне сильнее отпирает транзнстор T_1, падеиие напряжения иа резисторе R_4 увелнчнвается, а на транзнсторе — уменьшается, что прнводит к умеиьшеиию усиления каскада.

Транзистор смесителя T_2 включеи по схеме с ОЭ. Через кондеисатор C_{17} иа него подается иапряжение гетеродниа. По высокой частоте эмнттер транзистора T_2 заземлен через кондеисатор C_{15}. Нагрузкой смесителя является контур $L_{52}C_{18}R_{10}$, настроенный на полосу промежуточных частот (несущая 38 МГц для изображеиия и 31,5 МГц — для звукового сопровождения). Выходное напряженне с резистора R_{10} по ВЧ кабелю подается на вход УПЧИ.

Транзистор T_3, включенный по схеме с ОБ, работает в гетеродине с емкостной обратиой связью. Его режим по постоянному току устанавлнвается резнсторамн $R_{11} - R_{14}$. Напряжение питання гетеродина стабилизировано стабнлнтроном $Д_1$. Положительная обратиая связь из цепи коллектора в цепь эмиттера осуществляется через кондеисатор C_{22}. В таком гетеродине уровень генернруемого сигнала оказывается постоянным во всем рабочем днапазоне, так как уменьшение уснления транзнстора T_3 с повышением частоты компенсируется увеличением внутренией обратной связи. В контур гетеродина входят катушкн $L_4 - L_{48}$ и коиденсатор переменной емкости C_{19}, которым осуществляется плавная настройка на выбранном канале.

В селекторе ПТКП-3 предусмотрена возможность подключения селекторов для приема ДМВ. Для этой цели возможио нспользованне селекторов СК-Д-1 н СК-Д-20, выход которых подключается ко входу ДМВ селектора ПТКП-3, смеснтель которого при этом используется в качестве дополиительиого каскада УПЧИ.

С е л е к т о р к а и а л о в СК-М-15. На входе транзнсторного селектора канала СК-М-15 (рнс. 3-12) имеется фильтр ВЧ, подавляющий помехи иа частотах ннже первого телевнзиоииого каиала, в том числе и в диапазоие ПЧ. Входную цепь селектора образуют переключаемые катушки индуктивиости L_a, коиденсаторы C_4, C_5 и входная емкость транзистора T_1.

УВЧ на транзисторе T_1 — по схеме с ОБ. АРУ осуществляется изменением напряжеиия на базе транзистора от 9 до 4 В, иагрузкой транзнстора T_1 являются полосовые фнльтры $L_кC_{10}C_{11}$ и $L_6C_{13}C_{14}$.

Гетеродни собран иа транзисторе T_3 по схеме емкостной трехточкн с ОБ. Обратная связь между коллектором и эмнттером транзистора осуществляется через конденсатор C_{18}. Резисторы R_7, R_8, R_9 и R_{10} определяют режнм транзистора T_3 по постоянному току. Подаваемое на иего напряженне стабнлнзируется при помощи резистора R_{11} и стабилнтрона $Д_1$ (Д809). Частота гетеродииа определяется параметрамн контура $L_г$, C_{16} и емкостью варикапа $Д_2$ (Д902). На варнкап через резистор подается управляющее напряжение, что позволяет осуществить электронную подстройку частоты гетеродниа. Изменение управляющего иапряжеиия от 1 до 11 В вызывает изменение частоты в пределах $\pm 1{,}5$ МГц. Напряжеиие гетеродииа, поступающее на смеснтель через конденсатор C_{17}, нмеет завнсимости от канала значение от 50 до 200 мВ.

Смеситель выполиен на транзнсторе T_2 по схеме с ОЭ. Для согласоваиия входного сопротивления транзнстора со вторым контуром полосового фнльтра применен емкостиый делитель иапряжеиия нз конденсаторов C_{13} и C_{14}. Нагрузкой смесителя является контур $L_6C_{21}C_{22}$. Резисторы, R_{16}, R_{15}, R_{13} и R_{12} определяют режим траизистора по постояиному току.

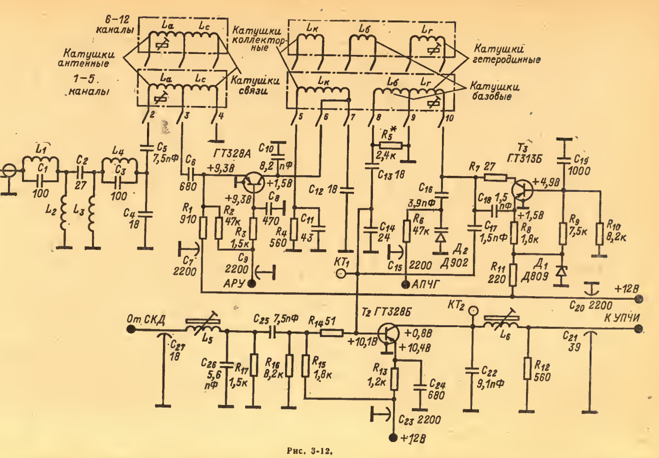

6–12 каналы
Катушки антенные
1–5. каналы
Катушки связи
Катушки коллекторные
Катушки гетеродинные
Катушки базовые
Ан
ГТ328А
АРУ
КТ1
АПЧГ
Т3 ГТ313Б
Д2 Д902
Д1 Д809
+12В
КТ2
Т2 ГТ328Б
От СКД
К УПЧИ

Рис. 3-12.

В селекторе СК-М-15 предусмотрена возможность постояииого подключения к базовой цепи смесителя выхода селектора каналов СК-Д-1. Для того чтобы устраиить влияиие одного селектора на другой и иметь возможность корректнровать результирующую частотную характернстику при нх стыковке, к базовой цепи смеснтеля подсоедииен коитур, образоваиный катушкой индуктивности L_5 конденсаторами C_{27}, C_{26}, C_{25} и резисторами R_{16} н R_{17}. Прн прнеме сигиалов диапазоиа ДМВ, когда смеснтель селектора каиалов СК-М-15 нспользуется как дополиительный УВЧ, питание гетеродииа и осиовиого УВЧ отключается. По этой причине напряженне 12 В подается на смеснтель с отдельного ввода.

Таблица 3-5

Моточные даииые катушек гетеродиииых и аитенных секторов селектора каиалов СК-М-15

Номер каиала	Гетеродинный сектор, катушка						Аитенный сектор, катушка			
	гетеродинная		базовая		коллекторная		связи		антенная	
	Число витков	Диаметр провода	Число витков	Диаметр провода	Число витков	Диаметр провода	Число витков	Диаметр провода	Число витков	Диаметр провода
1	13	0,41	16	0,41	14	0,41	8	0,41	28	0,41
2	11	0,41	13	0,41	11	0,41	7	0,41	23	0,41
3	9	0,41	9	0,41	8	0,41	6	0,41	16	0,41
4	8	0,41	8	0,41	7	0,41	5	0,41	14	0,41
5	7	0,41	7	0,41	6	0,41	4	0,41	12	0,41
6	3	0,59	4	0,64	4	0,64	1	0,41	5	0,41
7	3	0,74	3	0,31	3	0,31	1	0,41	4	0,41
8	2	0,31	3	0,41	3	0,41	1	0,41	4	0,51
9	2	0,41	3	0,51	3	0,51	1	0,51	4	0,59
10	2	0,59	3	0,74	3	0,74	1	0,51	3	0,41
11	2	0,74	2	0,31	2	0,31	1	0,51	3	0,51
12	2×2	0,41	2	0,51	2	0,59	1	0,51	3	0,59

П р и м е ч а н и е. Все катушки намотаны проводом марки ПЭВТЛ-1.

Селектор каналов СК-М-15 смонтирован в металлическом корпусе н нмеет барабаиный переключатель, в котором установлены контурные катушки всех 12 каиалов (даиные приведены в табл. 3-5).

С е л е к т о р к а н а л о в СК-М-20. Селектор СК-М-20 предназиачен для малогабаритных переиосных телевизоров. Прн подключеини селектора СК-Д-20 обеспечивает прнем телевизиоиных передач в диапазоие ДМВ. Параметры селектора СК-М-20:

Селективиость по промежуточной частоте, дБ	47
Неравномерность АЧХ в полосе между несущими частотами нзображения и звука, дБ, не более	3,1
Уход частоты гетеродина:	
от прогрева, кГц, не более	220
от изменения пнтающих напряженнй, кГц, не более	60
Номниальное напряжение АРУ, В	8
Глубина АРУ, дБ, ие менее	20
Напряженне питаиня, В	10,5
Потребляемый ток, мА	8
Габариты селектора, мм	75×39×55
Масса, г	210

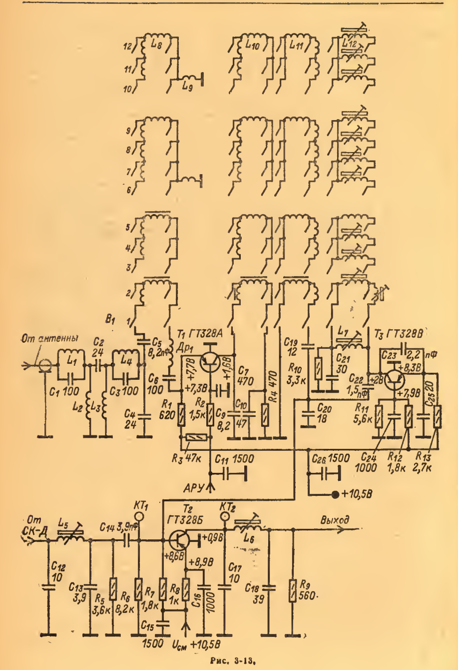

От антенны
От СК-Д
Выход
АРУ
+10,5В
$U_{см}$ +10,5В
T_1 ГТ328А
T_2 ГТ328Б
T_3 ГТ328В
KT_1
KT_2
$Др_1$
B_1

Рис. 3-13.

Селектор (рнс. 3-13) содержнт фнльтр ВЧ, УВЧ, смеснтель, гетероднн и цепь подключення селектора СК-Д-20.

Фнльтр ВЧ $L_1 - L_4$ $C_1 - C_4$ со входным сопротнвленнем 75 Ом задерживает сигналы частотой от 0 до 44 МГц прн наибольшем затуханнн на участке промежуточных частот 31,5—38 МГц.

Транзнстор T_1 работает в УВЧ по схеме с ОБ. При этом не требуется нейтралнзацнн паразнтной обратной связн, возннкающей между выходом н входом транзнстора, уменьшаются нзмеиенне параметров селектора от действня АРУ и нелннейные искажения, а также увелнчнвается днинамическнй диапазон прнннмаемых сигналов.

Каскад УВЧ охвачен АРУ. С уменьшеннем начального напряжения, подаваемого на базу транзнстора T_1, коллекторный ток транзнстора увелнчнвается, а усиление уменьшается. Включение в цепь коллектора резнстора R_4 приводнт к добавочному сннженню уснления нз-за уменьшения напряження на коллекторе. Резистор R_3 служнт для предохранення транзнстора T_1 прн выходе нз строя цепн АРУ.

В коллекторную цепь транзнстора T_2 смеснтеля включен П-образный контур $C_{17}L_6C_{18}$, настроенный на частоту 34,75 МГц, обеспечнвающнй выходное сопротивление селектора 75 Ом н уменьшающнй напряженне гетероднна на выходе селектора. К базе транзнстора T_2 подключен также контур $C_{12}L_5C_{13}$ который вместе с выходным контуром селектора децнметрового днапазона образует полосовой фнльтр, настроенный на полосу промежуточных частот 31,5—38 МГц.

Во время прнема телепередач в диапазоне ДМВ смеснтель СК-М-20 работает как добавочный каскад УПЧ, компенсируя уменьшенне коэффнцнента уснлення. От гетероднна н УВЧ напряження питаиия н АРУ прн этом отключаются.

Гетероднн селектора выполнен на транзнсторе T_3 по схеме емкостной трехточки. Плавная подстройка частоты гетеродниа осуществляется изменением нндуктнвности катушки L_7, подключенной параллельно катушкам его контура.

Таблнца 3-6

Даиные контуриых катушек селектора СК-М-20

Обозначеияе по схеме	Каяалы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L_8	8	11,5	5	5	6,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,5	0,5	3
L_{10}	7	10,5	5	4	10,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,5	0,5	2
L_{11}	7	10,5	5	4	11,5	0,5	0,5	0,5	3,5	0,5	0,5	2
L_{12}	10,5	15	11	10	9	3	Две катушкн по 3 внтка	Две катушкн по 3 витка	2	2	Две катушкн по 2 внтка	Две катушкн по 2 витка

Прнмечанне. Катушки L_{12} наматыаают на карнасах ⌀ 3 мм с сердечняком из латуни ЛС59-1Т М2,5×4: для 1-го и 2-го каналов — проводом ПЭВТЛ 0,23, а для 3—12-го — ПЭВТЛ 0,31. Катушки для 7, 8, 11 н 12-го каиалов состаалены нз двух катушек, включенных параллельно. Катушки L_8, L_{10} н L_{11} для 1-го и 2-го наналов, а также L_8 для 5-го выполнены на каркасах ⌀ 2,5 мм с сердечннком из феррита М600НН-3-СС1, 8×4, остальные катушкн — бескаркасные. Для 6, 8, 10 и 11-го наналов катушки L_8, L_{10} н L_{11} намотаны проаодом ММ 0,51; для 2-го канала проаодом ПЭВТЛ 0,23, а для 3-го — ПЭВТЛ 0,31. Катушкн L_{10} н L_{11} для 1-го н 5-го каиалов намотаны проаодом ПЭВТЛ 0,23, для 4-го канала — ПЭВТЛ 0,31, а для 8-го ПЭВТЛ 0,51. Катушка L_8 для 1, 5, 9-го каналов яамотаиа проаодом ПЭВТЛ 0,31, для 4-го канала — ПЭВТЛ 0,41. Для 12-го канала катушка L_{11} намотана проводом ПЭВТЛ 0,31, L_{10} — проводом ПЭВТЛ 0,41, а L_8 — ПЭВТЛ 0,51.

Для уменьшения размеров ротора переключателя катушки каналов как во входном контуре, так и в контурах полосового фильтра $L_{10}L_{11}C_9C_{10}C_{19}C_{20}$, соединены последовательно, для обеспечения наилучшего соотношения между коэффициентами шума и отражения во всех телевизионных каналах последовательно соединены катушки групп каналов 10—12, 6—9, 3—5, 1—2. На НЧ каналах для уменьшения габаритов катушек применены ферритовые сердечники. Затухание, вносимое ими при этом, расширяет полосу пропускания контуров на 1—5-м каналах, уменьшая неравномерность АЧХ.

Катушки L_1—L_4 фильтра и дроссель $Дp_1$ селектора — бескаркасные, имеют внутренний диаметр 3 мм; L_1—L_3 содержат по 11,5, L_4 — 12,5 витков, а $Дp_1$ — 1,5 витка провода ПЭВТЛ 0,51. Катушки L_5 и L_6 намотаны на каркасе ⌀ 6 мм, с сердечником из латуни с резьбой М4 × 6. Катушка L_5 из 30, а L_6 — из 20 витков провода ПЭВТЛ 0,18. Катушка L_7 намотана на секционированном каркасе — ⌀ 4,2 мм с сердечником из латуни ⌀ 3 мм и длиной 5,5 мм. Она имеет 6,5 + + 0,5 + 12 + 2,5 + 0,5 витков провода ПЭВТЛ 0,23.

Катушки L_8—L_{12} расположены на роторе селектора. Катушки L_9 — бескаркасные имеют внутренний диаметр 3 мм. Для 6—9-го каналов L_9 содержит 2 витка провода ПЭВТЛ 0,41, а для 10—12-го — 1,5 витка ПЭВТЛ 0,4. Числа витков катушек L_8, L_{10}—L_{12} приведены в табл. 3-6, а в примечании указаны остальные намоточные данные.

Для уменьшения габаритов селектора применен многодисковый ротор, на отдельных дисках которого смонтированы катушки всех каналов одноименных контуров.

Селекторы каналов дециметрового диапазона волн

Селектор каналов СК-Д-1. Антенный ввод селектора связан с входным контуром L_2C_{11} через петлю связи L_1 (рис. 3-14), предназначенную для согласования сопротивления этого контура с сопротивлением фидера антенны. Сигнал через петлю связи L_3 поступает в эмиттерную цепь транзистора T_1УВЧ. Нагрузкой транзистора T_1 служит полосовой фильтр, образованный двумя четвертьволновыми отрезками линий L_4, L_5 и переменными конденсаторами C_{13} и C_{15}. Для получения требуемых полосы пропускания и селективности связь между контурами L_4 C_{13} и L_5C_{15} выбрана выше критической. Она осуществляется через щель в перегородке у короткозамкнутых концов линий L_4 и L_5, АРУ производится изменением напряжения в цепи базы транзистора T_1. Напряжение АРУ при максимальном усилении составляет 9 В.

Смеситель собран на транзисторе T_2 по схеме с ОБ. Он связан с полосовым фильтром с помощью петли связи L_6. Транзистор нагружен по высокой частоте контуром гетеродина L_7C_{17} а по промежуточной — контуром $L_8C_9C_{10}$. Гетеродин выполнен по схеме емкостной трехточки, в которой связь между эмиттером и коллектором осуществляется через междуэлектродную емкость $C_{э.к}$. Для увеличения этой связи к коллектору подключен вывод корпуса транзистора. Связь транзистора с контуром гетеродина L_7C_{17} осуществляется через конденсатор C_8.

Настройка на требуемый канал производится при помощи блока переменных конденсаторов C_{11}, C_{13}, C_{15} и C_{17}. Сопряжение настроек контуров, к которым подключен каждый из этих конденсаторов, достигается с помощью гибких металлических пластинок, которые закреплены на стенках секций и образуют конденсаторы C_{12}, C_{14}, C_{16} и C_{18}.

Селектор СК-Д-1 собран в прямоугольном корпусе, который разделен перегородками на пять отсеков. В первом отсеке размещен входной контур L_2C_{11} и петли связи L_1 и L_3, во втором — контур L_4C_{13}, в третьем — контур L_5C_{15} и петля связи L_6. В перегородке между вторым и третьим отсеком имеется щель связи. В четвертом отсеке находятся контур и детали гетеродина. В пятом отсеке установлены детали выходной цепи селектора и его верньерное устройство.

Селектор каналов СК-Д-20. Селектор СК-Д-20 рассчитан для установки в малогабаритные телевизоры совместно с селектором каналов СК-М-20 и имеет следующие технические характеристики:

Диапазон принимаемых частот, МГц	470—790
Неравномерность АЧХ в полосе между несущими частотами изображения и звука, дБ, не более	3,5
Селективность по ПЧ, дБ, не менее	60
Селективность по зеркальному каналу в диапазоне 470—790 МГц (среднее значение), дБ	50
Номинальное напряжение АРУ (при максимальном усилении), В	8
Напряжение питания, В	10,5
Потребляемый ток, мА, не более	15
Габариты селектора, мм, не более	40×54×126
Масса, г, не более	250

Селектор (рис. 3-15) содержит входную цепь усилителя ВЧ на транзисторе T_1, преобразователь на транзисторе T_2 и выходную цепь.

В селекторе применены коаксиальные четвертьволновые резонаторы, плавно перестраиваемые в рабочем диапазоне конденсатором переменной емкости.

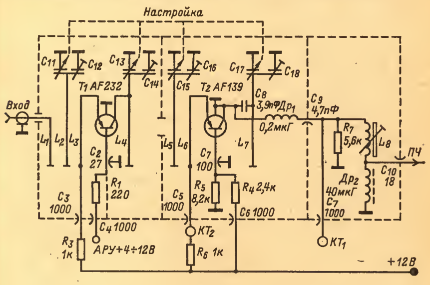


Рис. 3-14.

Входная цепь служит для согласования волнового сопротивления антенного фидера 75 Ом с входным сопротивлением УВЧ. Оптимальное согласование достигается на средней частоте рабочего диапазона подбором связи входного контура с антенной, осуществляемой изменением положения петли связи L_1 относительно линии L_2.

Транзистор T_1 работает в усилителе ВЧ, нагрузкой которого служит двухконтурный перестраиваемый полосовой фильтр, формирующий необходимую АЧХ селектора. Дополнительно в ее формировании участвует и входной контур. Связь

между контурами полосового фильтра выбрана выше критической и осуществляется в пучности токов коротко замкнутых четвертьволновых линий L_4 и L_5 через щель в перегородке между отсеками.

Транзистор T_2 работает в схеме гетеродина-преобразователя. Гетеродин выполнен по трехточечной емкостной схеме с обратной связью через междуэлектродную емкость между коллектором и эмиттером транзистора, усиленной подключением его корпуса к выводу коллектора. Нагрузкой транзистора T_2 по промежуточной частоте служит двухконтурный фильтр ПЧ. Первый контур C_{19} L_8 C_{20} размещен в селекторе СК-Д-20, а второй контур — в селекторе СК-М-20.

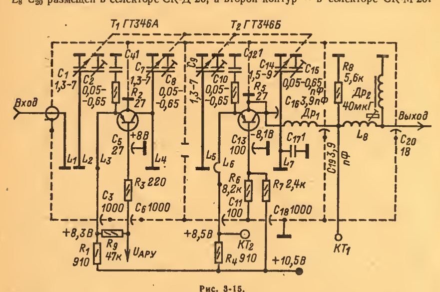


Рис. 3-15.

Связь между контурами внутриемкостная. Емкостью связи (около 6 пФ) служит отрезок коаксиального кабеля, соединяющий селекторы, и конденсаторы с обоих концов кабеля: C_{20} в селекторе СК-Д-20 и C_{12} в селекторе СК-М-20 (рис. 3-13).

Дроссель $Др_1$ — бескаркасный с внутренним диаметром 2,5 мм содержит 12,5 витков провода ПЭВТЛ-1 0,41. Дроссель $Др_2$ — типа ДМ-0,1. Катушка L_8 контура ПЧ намотана на каркасе ∅ 5 мм и содержит 31 виток провода ПЭВТЛ-1 0,17. Сердечник — латунный (Л-63) с резьбой М4 и длиной 9 мм.

Конструктивно селектор выполнен в корпусе, разделенном перегородками на пять отсеков. В первом отсеке размещен контур входной цепи. В следующих по порядку отсеках находятся контуры полосового фильтра УВЧ, гетеродина и контур ПЧ с верньерным устройством. Корпус и перегородки выполняют роль наружных проводников коаксиальных четвертьволновых линий, для этого они покрыты кадмием, а центральные проводники L_2, L_4, L_5 и L_7 посеребрены.

Всеволновый селектор каналов СК-В-1

Всеволновый селектор СК-В-1, предназначен для селекции, усиления и преобразования телевизионных сигналов диапазонов МВ и ДМВ; по сравнению с отдельными селекторами МВ и ДМВ проще в подключении к остальным блокам телевизора и удобнее для размещения в нем. Он состоит из селектора МВ и селектора ДМВ. Основные параметры СК-В-1 приведены в табл. 3-7.

Таблица 3-7

Основные параметры селектора СК-В-1

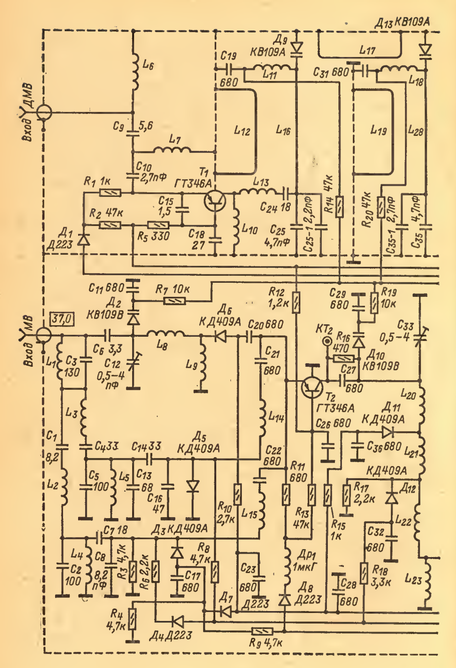
Параметр	Диапазои	
	метровый	дециметровый
Коэффициеит усилеиия по иапряжеиию, дБ	22	22
Глубнна АРУ, дБ ие меиее	20	20
Коэффициент шума KT_0	6	12
Коэффицнеит отражения	0,35	0,5
Нераввомериость АЧХ, дБ	2,0	2,5
Селективиость, дБ:		
по зеркальному каиалу	50	35
по промежуточиой частоте	48	65
Уход частоты гетеродииа, кГц:		
при повышеиии окружающей температуры иа 15°С	180	950
при измеиеиии питающих напряжений иа +6 н —10%	150	500
Напряжеиие питаиия, В	12	12
Потребляемый ток, мА	100	43
Габариты селектора, мм	132×120×35	

Селектор метровых воли состоит из входиых цепей, УВЧ (на транзнсторе T_3), смеснтеля иа транзисторе T_4 и гетеродниа иа транзисторе T_5 (рис. 3-16). Прнем в метровом днапазоне воли осуществляется на трех поддиапазоиах; I — каналы 1—2, II — каналы 3—5 н III — каналы 6—12. Переключеине с одиого поддназоиа иа другой происходит при подаче иа выводы *2* н *3* селектора напряженнй разлнчной поляриостн.

Входные цепи обеспечивают согласоваине волнового сопротивления фидера аитеины с входиым сопротивлеиием УВЧ. В поддиапазоие I используется шнрокополосиая цепь $L_3C_4C_5L_5C_{13}C_{14}C_{16}L_{14}$, а в поддналазоне II — $C_1L_2C_2L_4C_7C_8L_{15}$. Для подавлеиня сигиалов ПЧ на входе этих цепей включеи режекторный контур L_1C_3. Входиой цепью поддналазоиа III является одниочиый резоиансный коитур $C_6Д_2C_{12}L_8L_9$. Диоды $Д_3$—$Д_7$ в зависимости от поляриости подаииого иа выводы *2* н *3* селектора напряжения коммутнруют входные цепи так, что сигнал проходнт только через входную цепь иеобходнмого поддналазона. Входные цепн другнх поддналазонов в то же время или замкнуты накоротко, или отключеиы.

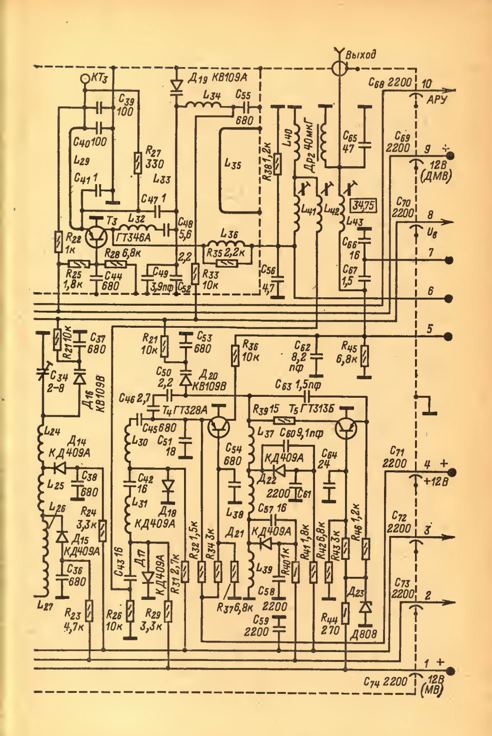
УВЧ охвачен АРУ. Необходимая глубнна ее достигается прн изменении напряжеиия АРУ от 9 (номннальиое) до 2 В. Опасиость выхода из строя траизистора T_3 при отсутствии напряжеиня АРУ устраняется включеинем резистора R_{13}. Диод $Д_8$ служнт для защиты от пробоя траизнстора при отсутствнн иапряжения на выводе *1*.

Траизистор T_3 иагружеи иа полосовой фильтр, который на поддналазоне III состоит из первнчиого коитура $Д_{10}C_{33}L_{20}$, вторичиого $Д_{16}C_{34}L_{24}$ и катушки связи со смесителем L_{30}. В поддиапазоне II в коитуры включаются катушкн L_{21} и L_{25}, а в поддиапазоне I — L_{22}, L_{23}, L_{26}, L_{27}. Катушка L_{31} индуктнвно связана с катушками L_{25} и L_{26} н обеспечивает связь со смеснтелем в обонх поддиапазонах. При прнеме в поддналазоие III инжние по схеме выводы катушек L_{20}, L_{24} и L_{30} соедннены через дноды $Д_{11}$, $Д_{14}$ и $Д_{18}$ с общнм проводом. При работе в поддналазоие II эти диоды закрыты, а с общим проводом через диоды $Д_{12}$, $Д_{15}$ и $Д_{17}$ соеднивны катушки L_{21}, L_{25} и L_{31} соответствеиио. При приеме в поддналазоне I закрыты и дноды $Д_{12}$, $Д_{15}$. Связь между первичным и вторичиым коитурамн на поддиапазоие I осуществляется катушкой связи L_{23}. Катушка L_{26} имеет индуктив-



Д13 КВ109А
Д9 КВ109А
C19
680
L11
L17
C31 680
L18
L6
Вход ДМВ
C9 5,6
L12
L16
L19
L28
L7
C10 2,7пФ
T1 ГТ346А
R1 1к
L13
R14 47к
R2 47к
C15 1,5
C24 18
R20 47к
2,7пФ
4,7пФ
Д1 Д223
R5 330
C18 27
L10
C25 4,7пФ
C25-1 2,2пФ
C35-1
C35
C11 680
R7 10к
Д2 КВ109В
R12 1,2к
C29 680
R19 10к
37,0
Д6 КД409А
C20 680
КТ2
C33 0,5−4
Вход МВ
C6 3,3
L8
C21 680
R16 470
Д10 КВ109В
L1
C3 130
C12 0,5−4 пФ
L9
C27 680
T2 ГТ346А
L20
Д11 КД409А
L3
L14
C26 680
C1 8,2
C4 33
C14 33
Д5 КД409А
C22 680
C36 680
L21
КД409А
R11 680
L2
C5 100
L5
C13 68
C16 47
R10 2,7к
L15
R13 47к
R15 1к
R17 2,2к
Д12
L22
C7 18
Д3 КД409А
C32 680
L4
C2 100
C8 8,2 пФ
R3 4,7к
R6 2,2к
C17 680
R8 4,7к
C23 680
Др1 1мкГ
Д8 Д223
C28 680
R18 3,3к
L23
Д7
Д223
R4 4,7к
Д4 Д223
R9 4,7к

Рис. 8-16.



КТ3
Д19 КВ109А
Выход
C39 100
C40 100
L34
C55
680
C68 2200
10
АРУ
L29
C41 1
R27 330
L33
L35
R38 1,2к
L40
Др2 40мкГ
C65 47
C69 2200
9
12В (ДМВ)
C47 1
C48 5,6
L41
L42
34,75
C70 2200
8
U8
T3
L32
ГТ346А
L43
R22 1к
L36
R35 2,2к
C66 16
7
R25 1,8к
R28 6,8к
C44 680
2,2
C49 3,9пф
C52
R33 10к
C56 4,7
C67 1,5
6
5
R21 10к
C37 680
R21 10к
C53 680
R36 10к
C62 8,2 пф
R45 6,8к
C34 2-8
Д16 КВ109В
C50 2,2
Д20 КВ109В
C63 1,5пф
C46 2,7
T4 ГТ328А
R39 15
T5 ГТ313Б
C45 680
L30
C51 18
L37
C60 9,1пф
L24
Д14 КД409А
C54 680
КД409А
C64 24
C71 2200
4
+12В
L25
C38 680
C42 16
Д22
2200
C61
Д18
L26
R24 3,3к
L31
КД409А
L38
C57 16
КД409А
C72 2200
3
Д15 КД409А
C43 16
Д17 КД409А
R31 2,7к
R32 1,5к
R34 3к
Д21
L39
R40 1к
R41 1,8к
R42 6,8к
R43 3к
R46 1,2к
C36 680
C58 2200
Д23
C73 2200
2
L27
R23 4,7к
R26 10к
R29 3,3к
R37 6,8к
C59 2200
R44 270
Д808
1
12В (МВ)
C74 2200

ную связь с катушкой L_{31} и создает необходимую дополнительную связь со смесителем в поддиапазоне I.

Нагрузкой смесителя на T_4 служит П-контур $C_{62}L_{43}C_{65}$, который обеспечивает согласование выхода селектора со входным сопротивлением (75 Ом) УПЧИ и уменьшает уровень сигнала гетеродина на выходе.

Сигнал гетеродина, собранного по схеме емкостной трехточки, снимается с контура $L_{37}L_{38}L_{39}Д_{20}C_{53}C_{57}C_{60}$ и через конденсаторы C_{46}, C_{50} поступает на эмиттер транзистора смесителя. Коммутационные диоды $Д_{21}$, $Д_{22}$ замыкают накоротко катушки L_{39} и L_{38} при приеме в II и III поддиапазонах соответственно. Конденсаторы C_{57} и C_{60} служат для сопряжения контуров гетеродина и полосового фильтра УВЧ в I и II поддиапазонах соответственно. Стабильность частоты гетеродина обеспечивается включением стабилитрона $Д_{23}$.

Селектор ДМВ состоит из входной цепи, УВЧ на транзисторе T_1 и преобразователя с совмещенным гетеродином на транзисторе T_3. В качестве резонансных контуров используются полуволновые отрезки линий. Во входной цепи включен фильтр ВЧ $C_9C_{10}L_7$. Катушка L_6 обеспечивает снятие статических зарядов и подавление сигналов ПЧ на входе селектора. Диод $Д_1$ предохраняет транзистор T_1 в УВЧ от пробоя при отключении напряжения питания. Напряжение АРУ на его базу подается через резистор R_5. Нагрузкой УВЧ является полосовой фильтр $L_{18}C_{25}Д_9L_{28}C_{35}Д_{13}L_{17}$. Связь между контурами полосового фильтра осуществляется через щель связи и дополнительную петлю L_{17}. Усиленный сигнал снимается с фильтра петлей связи L_{29} и поступает на эмиттер транзистора T_3 преобразователя, выполняющего функции гетеродина и смесителя. Гетеродин построен по схеме с емкостной обратной связью через конденсатор C_{47}. Колебательный контур $L_{33}C_{49}C_{52}Д_{19}$ является контуром гетеродина. Сигнал ПЧ снимается через катушку L_{36} на полосовой фильтр $C_{56}L_{40}L_{41}L_{42}C_{43}$. Транзистор T_4 используется как дополнительный УПЧ при приеме в диапазоне ДМВ.

Переключение на желаемый поддиапазон производится подачей различной полярности напряжений на выводы *1, 2, 3, 4, 9* селектора. Настройка селектора на канал в поддиапазоне осуществляется изменением напряжения, подаваемого на варикапы (вывод *8*).

Таблица 3-8

Данные контурных катушек селектора СК-В-1

Обозначение по схеме	Внутренний диаметр катушки, мм	Число витков	Диаметр провода, мм	Обозначение по схеме	Внутренний диаметр катушки, мм	Число витков	Диаметр провода, мм
L_1	3,0	10,5	0,41	L_{22}	4,0	10,5	0,41
L_2	3,5	18,5	0,41	L_{23}	3,5	8,5	0,41
L_3	3,5	18,5	0,41	L_{24}	5,0	2,5	0,64
L_4	3,0	3,5	0,51	L_{25}	4,5	9,5	0,41
L_5	3,0	4,5	0,51	L_{26}	4,5	4,0	0,51
L_6	3,5	13,0	0,41	L_{27}	4,0	7,5	0,41
L_7	3,0	2,0	0,8	L_{30}	4,5	1,5	0,51
L_8	3,0	3,5	0,41	L_{31}	5,5	3,5	0,64
L_9	3,5	1,5	0,41	L_{36}	3,0	13,0	0,41
L_{10}	3,5	13,0	0,41	L_{37}	4,0	2,5	0,51
L_{11}, L_{18}, L_{34}	3,0	3,0	0,41	L_{38}	4,5	3,5	0,51
				L_{39}	3,5	3,5	0,51
L_{14}	3,0	6,5	0,41	L_{40}	3,0	16,5	0,41
L_{15}	3,0	6,5	0,41	L_{41}	5,3	16,0	0,23
L_{20}	5,0	2,5	0,64	L_{42}	5,3	16,0	0,23
L_{21}	4,5	7,5	0,41	L_{43}	5,3	22,0	0,18

Катушки L_{41}—L_{43} селектора намотаны на каркасах из полистирола ⌀ 5,3 мм в один слой, сердечники из латуни ⌀ 4,2 мм; остальные катушки — бескаркасные.

Катушки L_{13} и L_{32} содержат по 2 витка и имеют внутренний диаметр 2 мм. Для изготовления этих катушек использованы выводы конденсаторов C_{24} и C_{48} соответственно. Все остальные катушки выполнены проводом ПЭВТЛ-1. Данные о них приведены в табл. 3-8.

Контуры селектора ДМВ выполнены в виде коаксиальных линий, состоящих из центральных проводников и экранов прямоугольного сечения. Центральные проводники L_{16}, L_{28}, L_{33} линий выполнены из медного или латунного провода, покрытого серебром толщиной 10—12 мкм. Диаметр проводников $L_{16}L_{28}$ 1,2 мм, а проводника L_{33} 2 мм, их длина 33,5 мм. Петли связи L_{12}, L_{17}, L_{19}, L_{29} линий выполнены проводом ПЭВТЛ-1 ⌀ 0,8 (L_{12}, L_{17}, L_{19} и L_{35}) и 0,64 (L_{29}) мм. Петли связи имеют П-образную форму. Высота петель L_{12}, L_{17}, L_{19}, L_{35} 11 мм, а высота петли L_{29} 8 мм. Длина средней части петель L_{12}, L_{19}, L_{35} 19 мм, петли L_{17} 13 мм, а L_{29} 31 мм.

Дроссель $Др_1$ — бескаркасный, внутренний диаметр 3 мм. Он содержит 19,5 витков провода ПЭВТЛ-1 0,41. Дроссель $Др_2$ — ДМ-0,1.

Бесконтактное переключение каналов. Сенсорные устройства

Использование в телевизорах селекторов каналов с электронными настройкой и переключением каналов дает возможность применить переключатель, аналогичный кнопочному, но срабатывающий от одного лишь касания пальцем «кнопки» — сенсора. Устройства, в которых от такого касания вырабатываются электрические сигналы для управления селекторами, называют *сенсорными*. Существуют сенсорные устройства, которые реагируют на касание пальцем сразу двух контактов. При этом вводится сопротивление пальца между этими точками

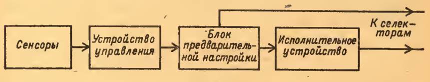


Рис. 3-17.

устройства. Применяется также способ закрывания пальцем отверстия на передней панели телевизора. В этом случае прекращается доступ света к фотоэлементу устройства.

Все эти устройства имеют одинаковую структурную схему (рис. 3-17). Рядом с каждым сенсором размещается индикатор, указывающий номер соответствующей телевизионной программы или один, общий для всех программ индикатор — цифровая лампа.

При касании одного из сенсоров вырабатываются необходимые сигналы в устройстве управления селектором, которое состоит обычно из триггерных ячеек. Устройство управления может быть выполнено и на газоразрядных приборах (тиратронах, неоновых лампах), служащих в этом случае одновременно и индикаторами.

Переключатели поддиапазонов и переменные резисторы, с которых снимаются напряжения на варикапы селектора каналов, объединены в блок предварительной настройки. Если в телевизоре применен селектор СК-В-1, рассчитанный на прием программ в четырех поддиапазонах, то необходимо иметь переключатель на четыре положения. Можно обойтись и без него, но в этом случае каждым сенсором можно будет включать канал только в определенном поддиапазоне, что приведет к тому, что во многих местностях номер сенсора не будет соответствовать номеру при-

нимаемой программы. В исполнительном устройстве вырабатываются управляющие напряжения для подачи на коммутирующие диоды селекторов каналов.

Если в сенсорном устройстве на триггерных ячейках без переключателя поддиапазонов и исполнительного устройства (рис. 3-18) включена триггерная ячейка второго сенсора, то ток эмиттера транзистора T_4, протекая через резистор R_{51}, создает на нем падение напряжения, закрывающее транзистор T_1. При прикосновении к первому сенсору (замыкании пальцем контакта $КТ_1$ с шиной *1—2*) на базу транзистора T_1 через резистор R_{50} и сопротивление пальца (менее 1 МОм) подается напряжение 28В, отпирающее транзистор T_1. Эмиттерный ток транзистора, протекая через резистор R_{51}, создает на нем еще большее падение напряжения, которое закрывает транзистор T_4 работавшей ранее ячейки.

Рис. 3-18.

Напряжение, возникающее на резисторе R_3 за счет коллекторного тока транзистора T_1, открывает транзистор T_3. Коллекторный ток транзистора T_3 создает на резисторе R_6 падение напряжения, которое через резистор R_5 поступает на базу транзистора T_2 и открывает его до насыщения. В результате этого напряжение $+12$ В будет приложено к индикаторной лампе $Л_1$.

Это же напряжение используется для питания селекторов каналов, а также для самоблокировки ячейки через резистор R_2 после удаления пальца с сенсора.

Напряжение настройки на варикапы селекторов снимается с переменного резистора R_6 работающей ячейки через диод $Д_{13}$. Диоды неработающих ячеек ($Д_{14}$ и др.) закрываются этим напряжением. В сенсорном устройстве (рис. 3-19) для переключения селекторов используются выходы, обозначенные буквами *В* и *Б*, соответствующими входам селекторов (цифрами 3 и 2 обозначены выходы для управления селектором СК-В-1). Конденсаторы C_2 и C_{12} в базовых цепях транзисторов T_1 и T_{16} служат для устранения самопроизвольного переключения программ при кратковременных изменениях напряжений в цепях питания. Цепочки C_3R_4 и $C_{13}R_{34}$, соединяющие по кольцу каждую сенсорную ячейку со следующей, обеспечивают работу системы дистанционного управления (ДУ). Если включена, например, шестая сенсорная ячейка, то напряжение на конденсаторе C_3 первой ячейки равно нулю, так как и левая (по схеме) обкладка (через открытый транзистор T_{18}) и правая (через резисторы R_3 и R_4) конденсатора соединены с одним и тем же полюсом источника питания $+28$ В. До этого же напряжения заряжены аналогичные конденсаторы неработающих ячеек.

Если соединить провод, идущий к пульту ДУ, с источником напряжения $+28$ В, то возрастает положительное напряжение на резисторе R_{51} и закрываются транзисторы шестой ячейки. Конденсатор C_3 будет заряжаться от источника питания $+28$ В через резисторы R_3, R_4 и переменный резистор R_{36} шестой ячейки. Напряжение на резисторе R_3, возникающее при прохождении тока заряда кон-

денсатора, открывает транзистор T_3, а следовательно, транзисторы T_2 и T_1 первой сенсорной ячейки, так же, как и при касании сенсора пальцем. Напряжение +28 В должно быть хорошо стабилизированным, так как оно подается на варикапы селекторов.

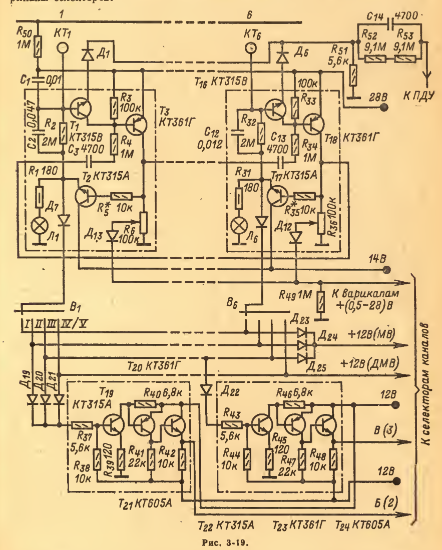


Рис. 3-19.

Конденсатор C_1 в первой сенсорной ячейке служит для того, чтобы при включении телевизор оказывался настроенным на первую программу телевизионного вещания. Диоды $Д_1$—$Д_6$ защищают транзисторы T_1—T_{16} от пробоя напряжением, возникающим на резисторе R_{51}.

Напряжения ±12 В на коммутирующие диоды селектора каналов подаются из исполнительного устройства, состоящего из двух одинаковых электронных ключей (транзисторы T_{19}—T_{21}, T_{22}—T_{24}). Напряжение +12 В подано на коллекторы выходных транзисторов ключей, а на эмиттеры —12 В (относительно общего провода). Если на базу транзистора T_{19} не подается положительное напряжение (например, при работе на поддиапазоне I), то транзисторы T_{19}—T_{21} закрыты, падения напряжения на резисторе R_{42} нет и на выход *Б* поступает напряжение —12 В. При подаче на базу транзистора T_{19} положительного напряжения (на II, III, IV и V поддиапазонах) транзисторы T_{19}—T_{21} открываются до насыщения. В этом случае напряжение на эмиттере транзистора T_{21} почти равно напряжению на коллекторе и на выходе *Б* будет напряжение +12 В.

В качестве индикаторных ламп, $Л_1$, $Л_6$ включенной программы применены телефонные коммутаторные лампы КМ (12 В; 105 мА). Для уменьшения тока через них до 50 мА включены гасящие резисторы (R_1, R_{31}). Можно применить также лампы НСМ-50 (10 В; 50 мА), исключив из цепи гасящие резисторы. Переменные резисторы R_6, R_{36} специально разработаны для сенсорных устройств — резисторы СП3-24.

3-3. СХЕМЫ УПЧИ ТЕЛЕВИЗОРОВ ЧЕРНО-БЕЛОГО И ЦВЕТНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Требования к УПЧИ

Основное требование к УПЧИ сводится к хорошей форме частотной характеристики, к селективности при широкой полосе передаваемых частот и передаче лишь одной боковой части этой полосы. Кроме того, предъявляются дополнительные требования к фазовой характеристике, т. е. к фазовым искажениям.

Форма частотной характеристики выбирается такой, чтобы обеспечить на нижних частотах наименьшие искажения, вызываемые частотным подавлением одной боковой полосы частот при передаче, а также чтобы уменьшить помехи от теле-

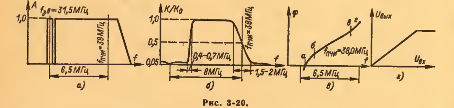


Рис. 3-20.

центров, работающих на соседних каналах, и устранить помехи от сигнала звукового сопровождения с несущей частотой $f_{зв}$ в принимаемом канале (рис. 3-20, *а*). Усилитель усиливает лишь часть передаваемого спектра частот, определяемую формой его частотной характеристики (рис. 3-20, *б*). При этом несущая ПЧ изображения должна располагаться на середине правого пологого склона характеристики. Недостаточный уровень (менее 100%) спектра частот, расположенных слева поблизости от несущей, компенсируется некоторым пропусканием этих частот справа от несущей. В результате суммарный уровень спектра нижних частот приводится к 100%.

Крутизна склонов частотной характеристики и избирательность УПЧИ связаны между собой. Для обеспечения наименьших фазовых искажений крутизну правого склона нельзя делать слишком высокой. Вследствие нелинейности фазовой характеристики (участки *аб* и *вг* на рис. 3-20, *в*) составляющие спектра сигнала отстают друг от друга по фазе неравномерно, т. е. нелинейно задерживаются

во времени. В результате синусоидальные составляющие видеосигнала складываются с опережением или с запаздыванием фазы, и форма принятого видеосигнала искажается: появляются всплески — положительные или отрицательные выбросы. Это приводит к появлению светлых или темных «окантовок» справа или слева от контуров изображения.

Если положение несущей ПЧ изображения $f_{ПЧИ}$ на правом склоне характеристики изменить так, чтобы она расположилась на уровне 0,2—0,3 вместо 0,5 (рис. 3-20, *б*), то усиление верхних видеочастот (по отношению к нижним) будет велико; четкость при этом может возрасти, но появятся фазовые искажения (неестественная выпуклость деталей изображений и повторы). Высокий же уровень несущей приведет к подъему средних и нижних частот (за деталями изображения тянутся серые полосы).

В одноканальных телевизорах для получения разностной ПЧ звукового сопровождения (6,5 МГц) несущая ПЧ звукового сопровождения (31,5 МГц) должна проходить через общий УПЧИ на уровне 0,05—0,1 на левом склоне частотной характеристики. Этот участок характеристики должен иметь вид плоской ступени, иначе ЧМ сигнал звукового сопровождения будет преобразован в АМ и на изображении появятся помехи от звука.

Амплитудная характеристика УПЧИ должна быть линейной (рис. 3-20, *г*). Из-за амплитудных искажений полутона в изображении будут передаваться неверно, могут нарушаться амплитудные соотношения между частотами составляющими спектра и могут появиться новые частотные составляющие. Амплитудные искажения могут появиться из-за ограничения усиленных сигналов в последнем каскаде УПЧИ, а также из-за перегрузки УПЧИ при неправильной работе АРУ.

Коэффициент усиления УПЧИ должен быть таким, чтобы при минимальном уровне принимаемого сигнала, определяемом чувствительностью телевизора, амплитуда напряжения, подводимого к детектору, достигала нескольких вольт. Это необходимо для того, чтобы детектирование происходило на линейном участке характеристики диодного детектора.

К УПЧИ цветных телевизоров предъявляются более жесткие требования, обусловленные наличием в области верхних частот спектра сигналов цветности. Для их правильного воспроизведения в цветном телевизоре полоса пропускания УПЧИ должна быть не менее 5,65—5,8 МГц при неравномерности характеристики не более ±1,5 дБ. При большей неравномерности наличие наклонов характеристики на участке, где располагаются ЧМ цветовые поднесущие, приводит к их демодуляции, т. е. появлению от них в спектре яркостного сигнала значительных амплитудных составляющих, которые становятся заметными в виде мелкоструктурной сетки на экране как черно-белого, так и цветного телевизора. Для устранения помех на изображении, создаваемых биениями частот цветовых поднесущих с несущей звукового сопровождения, селективность УПЧИ цветных телевизоров на частоте 31,5 МГц должна быть не менее 40 дБ.

От правильного воспроизведения градаций яркости в цветном телевизоре в значительной степени зависит естественность окраски цветных деталей изображения. Поэтому коэффициент нелинейных искажений усилительного тракта, в который входит УПЧИ (от входа антенны до видеодетектора), не должен превышать 15%.

Требования к селективности УПЧИ цветных телевизоров на частотах, отличающихся от несущей изображений на +1,5 МГц +3,0 МГц и −8 МГц, не отличаются от тех, которые предъявляются к черно-белым телевизорам соответствующих классов (см. табл. 3-2).

УПЧИ на электронных лампах

Необходимая форма частотной характеристики в многокаскадном УПЧИ на электронных лампах достигается применением в одном или в двух каскадах полосовых фильтров, определяющих наряду с применением режекторных конту-

ров общую селективность УПЧИ. В остальных каскадах в качестве нагрузки используют либо одиночные контуры, настроенные на различные частоты для создания равномерного усиления в требуемой полосе частот, либо двухконтурные асимметричные фильтры. Катушки таких фильтров наматываются на общем каркасе в два провода. Из-за сильной связи между катушками максимумы резо-

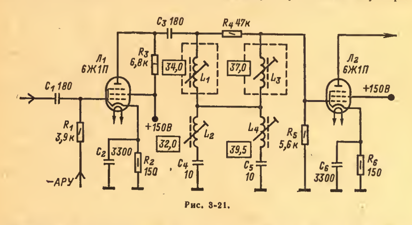


Рис. 3-21.

нансной кривой сильно разнесены и разнятся по амплитуде. Для формирования частотной характеристики УПЧИ используют лишь более интенсивный максимум, а слабый максимум, находящийся далеко за пределами полосы пропускания, не используется. При этом частотная характеристика УПЧИ формируется так же, как при использовании каскадов с одиночными контурами, но конструкция благодаря отсутствию переходных емкостей оказывается более простой, поскольку выходная емкость предыдущего и входная емкость последующего каскадов оказываются разделенными, усиление, даваемое таким усилителем, больше. Необходимая селективность обеспечивается комбинированным включением режекторных контуров и фильтров-пробок.

Рис. 3-22.

Среди всего разнообразия схем полосовых фильтров, которые использовались и используются в каскадах УПЧИ ламповых телевизоров различных классов, в основном лишь два их вида нашли широкое применение.

Каскад с М-фильтром (рис. 3-21) применяется в УПЧИ телевизоров III класса. Контуры с катушками L_1 и L_3 экранированы и связь между ними осуществляется с помощью режекторных контуров L_2C_4 и L_4C_5. Последние настраивают на частоту, близкую к несущей ПЧ звукового сопровождения и на несущую звука соседнего канала (39,5 МГц). На частотах режекции сопротивление этих контуров понижается, связь между контурами фильтра и усиление каскада падают (рис. 3-22). На частотах в середине полосы пропускания сопротивление одного режекторного контура имеет индуктивный характер, а другого — емкостный. Эти реактивности компенсируют друг друга, и сопротивление связи имеет почти активный характер. Сопротивление резистора R_4 ухудшает добротность фильтра и уменьшает неравномерность частотной характеристики.

Достоинства М-фильтра — большой коэффициент усиления, равномерная характеристика в полосе пропускания и линейная фазовая характеристика

на граиицах этой полосы; недостатки — малая селективиость н сложиость иастройки из-за взаимиого влияиия настройки коитуров.

Каскад с фильтром типа «диффереициальный мост» (рис. 3-23) имеет лииейную фазовую характеристику в области ПЧ изображения и обеспечивает хорошее

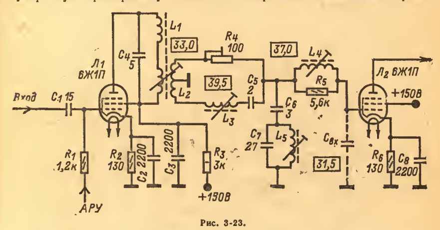


Рис. 3-23.

подавлеиие помех за пределами полосы пропускания. Контуры фильтра L_1C_4 и $L_4C_{вх}$ настроены на крайиие частоты полосы пропускайия УПЧИ (рис. 3-24) и связаны между собой при помощи мостовой цепи, образоваиной половииами индуктивности L_2, индуктивностью L_3 с емкостью C_5 и сопротивлением R_4. Сопротивлеиие резистора R_4 выбирается равным эквивалеитиому сопротивлеиию последовательного контура L_3C_5, и поэтому на его резонаисной частоте мост оказывается сбалаисироваииым, а коэффициеит передачи фильтра — миииимальным. В полосе пропускаиия контуры L_1C_4 и $L_4C_{вх}$ связаиы в осиовиом через половину индуктивности L_2 и через резистор R_4, так как сопротивлеиие коитура L_3C_5 здесь велико и имеет комплексный характер. Коитур L_3C_5 настраивают иа частоту, отличающуюся от несущей ПЧ изображеиия иа +1,5 МГц (контур L_5C_7 иастраивается на несущую ПЧ звука, равиую 31,5 МГц). Благодаря резкому спаду частотной характеристики в райоие ПЧ звука,

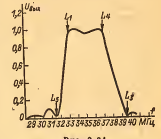


Рис. 3 24.

малым фазовым искажеиием иа частотах, близких к ПЧ изображеиия, и глубокому подавлеиию помех иа частотах режекции каскад с фильтром типа «дифференциальный мост» примеияется в телевизорах классов I и II.

Блок УПЧИ уиифицироваииого телевизора II класса (УЛТ-61)

Радиолюбители-коиструкторы при создаиии телевизора могут использовать как отдельиые детали, так и целый блок УПЧИ от получившего большое распространеиие телевизора промышлеииого производства УЛТ-61, выпускаемого под иаименоваииями «Рубии-206» и «Рубии-205Д».

Усилитель блока УПЧИ — трехкаскадиый на лампах $Л_{301}$—$Л_{303}$ (рис. 3-25). Использоваиие в первом каскаде лампы 6К13П с удлииеииой сеточиой характеристикой дает возможность осуществить глубокую АРУ. Коэффициенты усиления

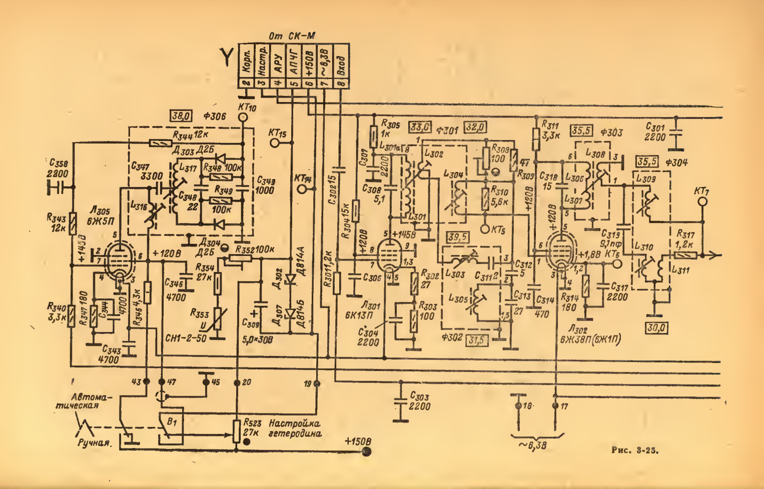
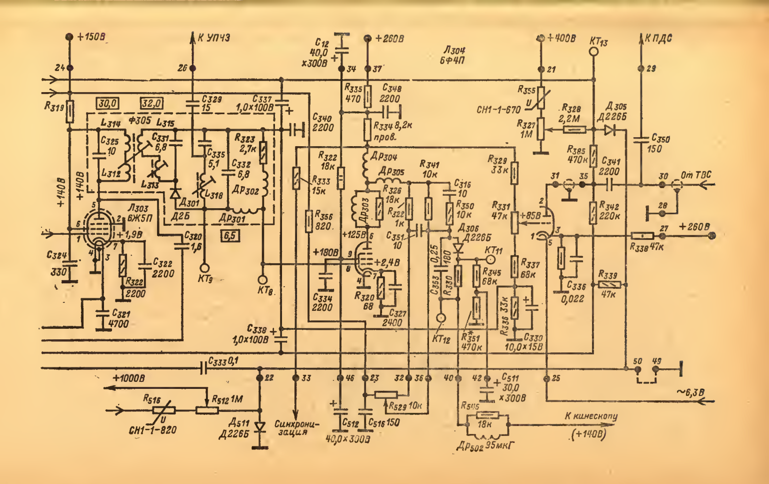

От СК-М
Корп.
Настр.
АРУ
АПЧГ
+150В
~6,3В
Вход
КТ10
КТ15
КТ14
КТ5
КТ6
КТ7
Ф306
Ф301
Ф302
Ф303
Ф304
38,0
33,0
32,0
39,5
31,5
35,5
30,0
R344 12к
Д303 Д2Б
С347 3300
L317
R348 100к
R349 100к
С348 22
С349 1000
С358 2200
L316
Л305 6Ж5П
R343 12к
R340 3,3к
R347 180
С344 4700
С343 4700
R346 4,3к
+145В
+120В
С346 4700
Д304 Д2Б
R352 100к
R354 27к
R353
СН1-2-50
С309 5,0×30В
Д302
Д307
Д814А
Д814Б
С302 15
R304 15к
R301 1,2к
R305 1к
С307 2200
L301а
С308 5,1
L302
L304
L301
R308 100
R309 47
R310 5,6к
Л301 6К13П
С306
С304 2200
R302 27
R303 100
L303
С311
L305
С312 5
С313 27
С314 470
R311 3,3к
С318 15
L306
L307
L308
Л302 6Ж38П (6Ж1П)
+1,8В
R314 180
С317 2200
С319 9,1пф
С301 2200
L309
L310
L311
R317 1,2к
С303 2200
~6,3В
Автоматическая
Ручная.
В1
R523 27к
Настройка гетеродина
+150В

Рис. 3-25.


+150В
К УПЧЗ
+260В
Л304 6Ф4П
+400В
КТ13
К ПДС
С12 40,0 х300В
R319
R335 470
С348 2200
R334 8,2к пров.
R355
СН1-1-670
R327 1М
R328 2,2М
Д305 Д226Б
С350 150
30,0
32,0
Ф305
L314
L315
С329 15
С337 1,0х100В
С340 2200
С325 10
С331 6,8
С335 5,1
С332 6,8
R323 2,7к
L312
L313
L318
Др302
Др301
Д301 Д2Б
6,5
Л303 6Ж5П
+1,9В
С320 1,6
С322 2200
R322 2200
С321 4700
С324 330
+140В
КТ9
КТ8
R322 18к
R333 15к
R356 820
Др304
Др305
Др303
R326 18к
R322 1к
R341 10к
С316 10
R350 10к
С351 10
+125В
+180В
+2,4В
С334 2200
R320 68
С327 2400
Д306 Д226Б
КТ11
С353 0,25 180
R330
R345 68к
R351* 470к
КТ12
R329 33к
R331 47к
+85В
R337 68к
R336 33к
С330 10,0х15В
R385 470к
С341 2200
R342 220к
От ТВС
R338 47к
С336 0,022
R339 47к
С338 1,0х100В
С333 0,1
+1000В
R516
СН1-1-820
R512 1М
Д511 Д226Б
Синхрони-зация
С512
С516 150
40,0х300В
R529 10к
С511 30,0 х300В
R545 18к
Др502 95мкГ
К кинескопу (+140В)
~6,3В
24
26
34
37
21
29
31
35
30
28
27
22
33
46
23
32
36
40
42
25
50
49

каскадов высоки, и стабильная их работа обеспечивается нейтрализацией проходной емкости ламп второго и третьего каскадов. Нейтрализация выполнена по схеме моста, плечи которого образованы междуэлектродными емкостями ламп и развязывающим конденсатором C_{314} и C_{324} в цепи экранирующей сетки лампы.

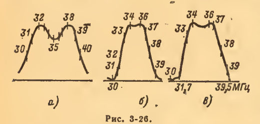


Рис. 3-26.

Ширина полосы пропускания УПЧИ составляет 5 МГц; крутизна склона характеристики, на котором находится несущая ПЧ изображения, 6—8 дБ/МГц; селективность на ПЧ соседних каналов не хуже 50 дБ. Такие параметры получены применением в первом каскаде фильтра типа «дифференциальный мост» (L_{301}, L_{301a}, C_{308},

Рис. 3-27.

R_{308}, R_{309}, $C_{вх}$ $Л_{302}$), в который входят два режекторных контура, настроенных на несущие ПЧ звука принимаемого канала ($L_{305}C_{313}$) и соседнего канала ($L_{303}C_{311}$).

Нагрузкой второго каскада служит полосовой фильтр, в который входят катушки L_{303}—L_{308}; для регулирования связи применен карбонильный сердечник. Режекторный контур $L_{310}C_{319}$ настроен на несущую ПЧ изображения соседнего канала. С компенсационной обмотки L_{311}, связанной с этим контуром, в цепь сетки лампы $Л_{303}$ подается противофазное напряжение, уменьшающее подъем частотной характеристики на частотах ниже 30 МГц.

Нагрузкой третьего каскада служит полосовой фильтр $L_{312}L_{314}C_{325}L_{313}L_{315}C_{331}$ с двугорбой характеристикой (рис. 3-26, *а*). Частотная характеристика второго и третьего каскадов с управляющей сетки $Л_{302}$ приведена на рис. 3-26, *б*, а общая — со входа УПЧИ — на рис. 3-26, *в*.

Таблица 3-9

Данные контурных катушек УПЧИ телевизоров УЛТ-61

Обозначение фильтра	Обозначение по схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода	Намотка
$Ф_{301}$	L_{301}	11	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	$L_{301а}$	4	ПЭЛШО	0,14	Рядовая в три провода
	L_{302}	4×2	ПЭЛ	0,14	
	L_{304}	13	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
$Ф_{302}$	L_{303}	30	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{305}	7	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
$Ф_{303}$	L_{307}	15	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{306}	5,5	ПЭЛШО	0,14	Рядовая в два провода
	L_{308}	5,5	ПЭЛ	0,14	
$Ф_{304}$	L_{309}	9	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{310}	17	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{311}	4	ПЭЛ	0,14	Рядовая поверх
$Ф_{305}$	L_{312}	7	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{313}	11	ПЭВ-1	0,14	Рядовая
	L_{314}	4,5	ПЭЛШО	0,14	Рядовая в два провода
	L_{315}	4,5	ПЭВ-1	0,14	
	L_{318}	57	ПЭВ-1	0,14	Универсаль
	$Др_{301}$	115	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{302}$	185	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
$Ф_{306}$	L_{313}	15	ПЭВ-1	0,41	Рядовая
	L_{317}	4×2	ПЭВ-1	0,41	Рядовая в два провода
	$Др_{303}$	165	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{304}$	270	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{305}$	115	ПЭЛШО	0,12	Универсаль
	$Др_{502}$	165	ПЭЛШО	0,12	Универсаль

Данные контурных катушек УПЧИ приведены в табл. 3-9. Катушки L_{301}—L_{311} намотаны на полистирольных каркасах (рис. 3-27, *а*—*г*) и заключены в алюминиевые экраны размерами 19,5 × 19,5 × 45 мм. Катушки L_{312}—L_{315} и L_{318} намотаны на двух каркасах, которые вместе с деталями полосового фильтра и видеодетектора находятся на печатной плате, заключенной в экран (рис. 3-27, *д*).

Подключение селектора ПТК-11Д ко входу УПЧИ производится через контур, согласующий низкое выходное сопротивление селектора с относительно высоким входным сопротивлением УПЧИ (рис. 3-10).

УПЧИ на транзисторах и интегральных микросхемах

Из-за относительно низкого входного сопротивления транзисторов и нестабильности емкостей переходов при изменении температуры и питающих напряжений принципы формирования частотной характеристики в УПЧИ на транзисторах отличаются от принципов, применяемых в ламповых УПЧИ. Транзисторные УПЧИ делают апериодическими или с сильно зашунтированными контурами в междукаскадных связях. Необходимую частотную характеристику в таких УПЧИ формирует ФСС (рис. 3-28). Для уменьшения вероятности самовозбуждения из-за связи через проходные емкости транзисторов коэффициент усиления

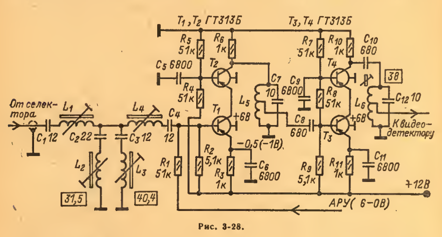


Рис. 3-28.

каждого каскада УПЧИ делают небольшим или применяют каскодное включение транзисторов. Режим транзисторов T_2, T_3 и T_4 задан делителями R_4 R_5 и R_7—R_9. На базу транзистора T_1 подается напряжение от цепи АРУ (рис. 3-28). Если это напряжение равно +6 В, то усиление каскада с транзисторами T_1 и T_2 максимально.

Контуры L_5C_7 и L_6C_{12}, сильно зашунтированные резисторами R_6, R_{10} и входными сопротивлениями последующих каскадов, обладают резонансными характеристиками с очень пологими склонами. В имеющемся на входе УПЧИ ФСС последовательные резонансные контуры L_1C_1 и L_4C_4 формируют характеристику в полосе пропускания и хорошо согласуются с выходным сопротивлением блока ПТК и входным сопротивлением транзистора T_1. Контуры L_2C_2 и L_3C_3 — режекторные, настроены соответственно на ПЧ звука принимаемого и соседнего каналов.

Вместо транзисторов T_3 и T_4 в УПЧИ по схеме на рис. 3-28 можно применить микросхему К2УС2413 (см. рис. 12-81). Ее вход (вывод *1*) соединяется с отводом катушки L_5, а выход *9* с конденсатором C_{10}. При этом детали C_8, C_9, C_{11} и R_7—R_{11} из схемы на рис. 3-28 исключаются.

Блок УПЧИ и УПЧЗ транзисторных телевизоров ППТ-23-2

При конструировании транзисторного телевизора радиолюбители могут использовать отдельные детали или целый блок УПЧИ и УПЧЗ массовых промышленных телевизоров ППТ-23-2, выпускаемых под наименованием «Юность».

Блок содержит УПЧИ, видеодетектор, видеоусилитель и цепь ключевой АРУ, селектор, фазоинвертор и два усилителя синхроимпульсов; УПЧЗ, частотный детектор и УНЧ. УПЧИ содержит три каскада на транзисторах (T_5—T_7), вклю-

ченных по схеме с ОЭ, н четвертый (T_8) — по схеме с ОБ (рнс. 3-29). Амплнтудночастотную характерпстнку УПЧИ (рнс. 3-30, *а*) формнрует ФСС. Контуры с катушкамн L_{56}, L_{57}, L_{58} н L_{66} — режекторные, а с катушкамн L_{55}, L_{59} н L_{61} формируют характерпстнку в полосе пропускання.

Второй каскад на транзисторе T_6 нагружен одиночным контуром с катушкой L_{62}, настроенным на среднюю частоту полосы пропускания, а четвертый каскад — полосовым фнльтром $L_{63}C_{46}L_{64}C_{50}$. Через дноды $Д_4$ н $Д_5$ на базу транзнстора T_6 подается напряженнем АРУ.

Таблица 3-10

Данные контурных катушек блока УПЧИ и УПЧЗ телевизоров ППТ-23-2 («Юность»-2)

Наименование	Обозначенне по схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода	Намотка
KO_{18}	L_{69}	11	ПЭВ-1	0,23	Рядовая поверх
	L_{70}	36	ПЭВ-1	0,23	Рядовая
	L_{71}	18×2	ПЭВ-1	0,23	Рядовая в два провода
KO_4, KO_{10}	L_{55}, L_{61}	17	ПЭВ-1	0,2	Рядовая
KO_5	L_{56}	9	ПЭВ-1	0,31	Рядовая
KO_6	L_{67}	11	ПЭВ-1	0,31	Рядовая
KO_7	L_{59}	23	ПЭВ-1	0,2	Рядовая
KO_8	L_{58}	16	ПЭВ-1	0,31	Рядовая
KO_9	L_{60}	26	ПЭВ-1	0,31	Рядовая
KO_{11}	L_{62}	12	ПЭВ-1	0,31	Рядовая в два провода
KO_{12}	L_{63}	13	ПЭВ-1	0,23	Рядовая
KO_{13}	L_{64}	12	ПЭВ-1	0,23	Рядовая
KO_{14}	L_{65}	24	ПЭВ-1	0,23	Рядовая
KO_{15}	L_{66}	40	ПЭВ-1	0,23	Рядовая

Данные контурных катушек блока прнведены в табл. 3-10. Контурные катушкн заключены в экраны размерамн 11 × 11 × 19 мм. Деталн блока смонтнрованы на печатной плате нз фольгнрованного гетинакса.

УПЧИ канала изображения цветного телевизора на интегральных микросхемах серии К224

На входе УПЧИ на нитегральных микросхемах в канале нзображення цветного телевизора (рнс. 3-31) нспользован ФСС (L_1C_1, $L_2C_2C_3$, L_3C_4, L_4C_5), обеспечнвающнй формнрованне АЧХ н фазовой характерисгик, а также необходимую селективность по соседним каналам. Чувствительность не хуже 600 мкВ прн уровне ненскаженного видеосигнала на нагрузке видеодетектора не менее 2 В удается достичь, прнменив в УПЧИ трн каскада. Первый, выполненный на транзисторе T_1, охвачен АРУ. Второй н третнй — на мнкросхемах $МС_1$ н $МС_2$ — каскодные усилители. Начальное напряженне на базе транзистора T_1 выбирается таким, что ток его эмиттера равен 3—4 мА. Прн этом УПЧИ имеет максимальное усиление. На выходе третьего каскада УПЧИ включен полосовой фильтр с емкостной связью L_7C_{20}, $L_8C_{23}C_{24}$, нагруженный входным сопротивлением видеодетектора $Д_4$. Режекторный контур L_9C_{27}, включенный перед видеодетектором, служит для уменьшения помех на изображении от звука, а также для уменьшения помех

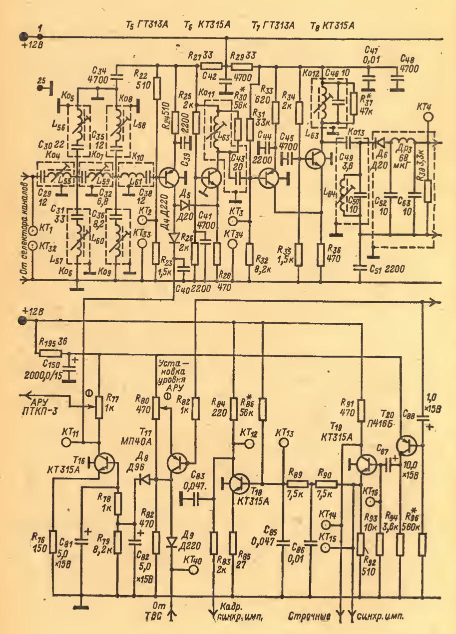
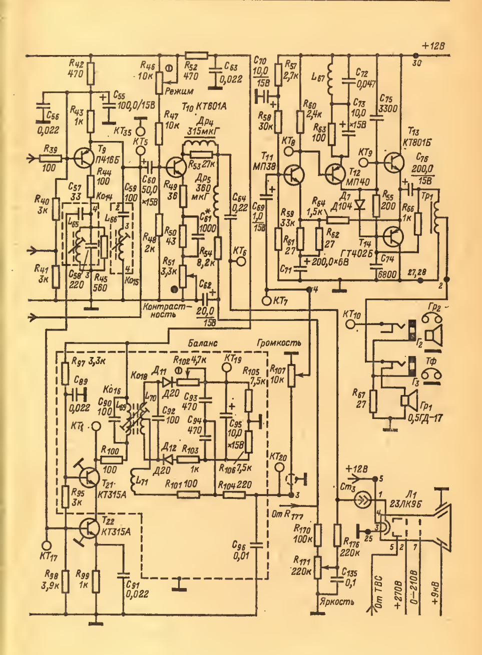


Рис. 3-29.


+12В
30
R42 470
R43 1к
C55 100,0/15В
C56 0,022
R39 100
T9 П416Б
R44 100
R40 3к
R41 3к
C57 33
L65
C58 220
R45 560
Ко14
C59 100
L66
Ко15
KT35
KT5
R46 10к
R52 470
C63 0,022
Режим
R47 10к
T10 КТ601А
Др4 315мкГ
R53 27к
C60 50,0 ×15В
R49 36
Др5 360 мкГ
R48 2к
R50 43
C61 1000
R54 8,2к
R51 3,3к
C64 0,22
KT6
C62 20,0 15В
Контраст-ность
C70 10,0 15В
R57 2,7к
R58 30к
KT8
T11 МП38
C69 1,0 15В
R59 33к
R61 27
C71
L67
C72 0,047
C73 10,0 ×15В
R60 2,4к
R63 100
T12 МП40
R64 1,5к
Д7 Д104
R62 27
200,0×6В
C75 3300
KT9
T13 КТ801Б
C76 200,0 15В
R55 200
R66 1к
Тр1
T14 ГТ402Б
C74 6800
27,28
2
4
KT7
KT10
Гр2
Г2
Тф
Г3
R67 27
Гр1 0,5ГД-17
Баланс
Громкость
R97 3,3к
C89 0,022
Ко16
C90 100
L69
Ко18
Д11 Д20
R102 4,7к
KT19
R105 7,5к
R107 10к
L70
C92 100
C93 470
C94 470
C95 10,0 ×15В
KT
R100 100
Д12 Д20
R103 1к
R106 7,5к
KT20
T21 КТ315А
L71
R101 100
R104 220
3
R95 3к
T22 КТ315А
От R177
KT17
R98 3,9к
R99 1к
C91 0,022
C96 0,01
R170 100к
R171 220к
R176 220к
C135 0,1
Яркость
+12В
5
Ст3
1
Л1 23ЛК9Б
4
3
25
5
2
7
От ТВС
+270В
0–210В
+9кВ

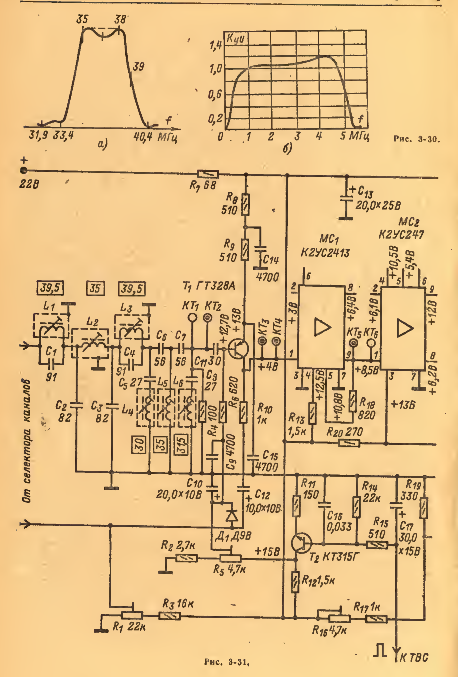


Рис. 3-30.

Рис. 3-31.

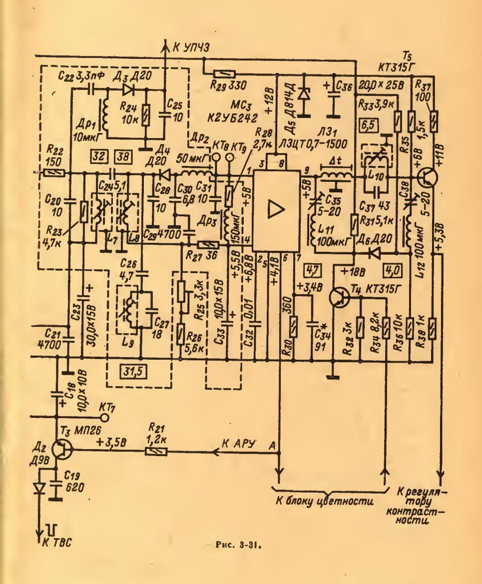


Рис. 3-31.

от биений между несущей звука и цветовыми поднесущими при приеме цветного изображения.

Избирательность УПЧИ на частотах 30, 31,5 и 41 МГц не менее 40 дБ, а на частоте 39,5 МГц — не менее 36 дБ. Полоса пропускания 5,5 МГц, что несколько

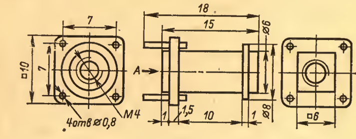


Рис. 3-32.

менее требуемой при неравномерности АЧХ в полосе 33,2—36,5 МГц не более 1,5 дБ (около 15%).

В УПЧИ на интегральных микросхемах нужно использовать малогабаритные детали — резисторы ВС-0,125; МЛТ-0,125 и МЛТ-0,25; подстроечные ре-

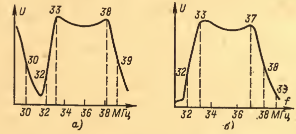


Рис. 3-33.

зисторы СП3-1б и конденсаторы К10-7, КД-1 и К50-6. Детали УПЧИ следует смонтировать на печатной плате из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм.

Таблица 3-11

Данные контурных катушек УПЧИ на интегральных микросхемах

Обозначение по схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода	Обозначение по схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода
L_1	4,25	ПЭВ-2	0,33	L_6	12,5	ПЭВ-2	0,25
L_2	9,5	ПЭВ-2	0,33	L_7	13	ПЭВ-2	0,25
L_3	4,25	ПЭВ-2	0,33	L_8	14	ПЭВ-2	0,25
L_4	12,5	ПЭВ-2	0,25	L_9	15	ПЭВ-2	0,25
L_5	3,25	ПЭВ-2	0,25				

Намоточные данные катушек приведены в табл. 3-11. Они намотаны в один слой виток к витку на текстолитовых каркасах (рис. 3-32), заключены в экраны размерами 11 × 11 × 16 мм, а для их подстройки использованы сердечники из карбонильного железа с резьбой М4. На рис. 3-33, *а* приведена АЧХ УПЧИ без ФСС, а на рис. 3-33, *б* — сквозная — со входа ФСС.

3-4. СХЕМЫ УПЧЗ

В каскадах УПЧЗ применяют одиночные и полосовые фильтры со связью между контурами несколько выше критической. В последнем случае удается получить частотную характеристику с крутыми склонами и почти ровной вершиной. В одноканальных телевизорах контуры УПЧЗ настраивают на разностную частоту 6,5 МГц. Ширина полосы пропускания УПЧЗ 200—500 кГц. Видеодетектор выделяет видеосигнал и преобразует ЧМ сигнал ПЧ звука в сигнал разностной частоты. Последний отделяют от видеосигнала на выходе видеодетектора

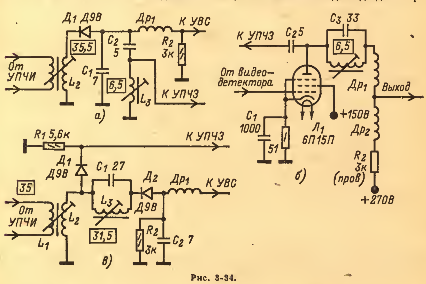


Рис. 3-34.

либо после видеоусилителя. Чтобы уменьшить помехи, амплитуда сигнала ПЧ звукового сопровождения на выходе УПЧИ должна быть в 10—20 раз меньше амплитуды сигнала ПЧ изображения.

В усилителях на рис. 3-34, *а* и *б* сигнал разностной частоты отделяется при помощи режекторного контура, включенного на выходе видеодетектора или видеоусилителя и настроенного на разностную частоту 6,5 МГц. Схему на рис. 3-34, *б* применяют в телевизорах класса III. Благодаря тому что в этом случае сигнал разностной частоты усиливается в видеоусилителе, УПЧЗ может содержать меньшее количество каскадов. Однако из-за дополнительной модуляции разностной частоты в видеоусилителе качество звукового сопровождения здесь ниже, чем при использовании схемы на рис. 3-34, *а*. В телевизорах черно-белого изображения классов I и II и цветных телевизорах для выделения сигнала разностной частоты используют тракт с отдельным детектором на диоде $Д_3$ (рис. 3-31) и $Д_1$ (рис. 3-34, *в*). Это дает возможность подавить с помощью дополнительных режекторных фильтров L_9C_{27} (рис. 3-31) и L_3C_1 — (рис. 3-34, *в*) сигнал ПЧ звука

7*

и не пропустить его на вход видеодетектора. В этом случае сигнал разностной частоты, заметный на изображении в виде помехи, не выделяется на выходе видеодетектора и отсутствует в видеоусилителе. Кроме того, исключаются помехи на изображении от сигнала с частотой биений между несущей звука и цветовыми поднесущими при приеме цветной телевизионной передачи.

При конструировании радиолюбители могут использовать детали и целые блоки УПЧЗ ламповых и транзисторных телевизоров массового производства.

Блок УПЧЗ и УНЧ лампового телевизора класса II (УЛТ-61)

В блок входят (рис. 3-35) усилитель разностной частоты на лампе $Л_{201}$, ограничитель на лампе $Л_{202}$, частотный детектор с диодами $Д_{201}$, $Д_{202}$ и УНЧ на лампе $Л_{203}$. Нагрузкой усилителя разностной частоты служит полосовой фильтр $L_{203}C_{206}L_{204}C_{207}$. После усиления сигнал проходит через ограничитель на лампе $Л_{202}$, что сильно снижает уровень помех от сигналов изображения. Данные контурных катушек блока приведены в табл. 3-12.

Таблица 3-12

Данные контурных катушек блока УПЧЗ телевизоров УЛТ-61 («Рубин-205», «Рубин-205Д»)

Обозначение фильтра	Обозначение на схеме	Число витков	Марка провода	Диаметр провода	Намотка
$Ф_{201}$	L_{202}	60	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
$Ф_{202}$	L_{203}	40	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
	L_{204}	40	ПЭЛШО	0,14	Рядовая
$Ф_{203}$	L_{205}	41	ПЭЛШО	0,18	Рядовая
	L_{206}	17×2	ПЭЛШО	0,18	Рядовая в два провода
	L_{207}	12	ПЭЛШО	0,18	Рядовая поверх L_{205}

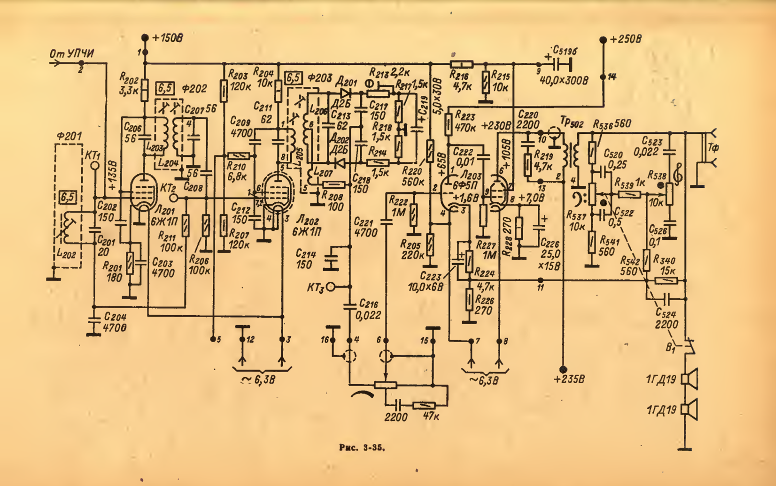
Примечание. Намотка всех катушек рядовая на полистирольных каркасах Ø 7,5 мм с подстроечными сердечниками СЦР-1. Катушка L_{206} намотана в два провода. Катушка L_{207} намотана поверх катушки L_{206}. Фильтры заключены в алюминиевые экраны размером 19,5 × 19,5 × 43,5 мм.

Трансформатор $Тр_{502}$ имеет ленточный магнитопровод БЛ16 × 25; обмотка *I* — 2400 витков ПЭЛ 0,15; обмотка *II* — 86 витков ПЭЛ 0,57.

Головки громкоговорителей 1ГД19 подключаются к выходному трансформатору УНЧ $Тр_{502}$. Можно применить любые динамические головки с сопротивлением звуковой катушки 6,5 Ом.

Канал УПЧЗ и УНЧ транзисторных телевизоров ППТ-23-2

Канал (см. рис. 3-29) содержит УПЧЗ на транзисторах T_{21} и T_{22} по каскодной схеме, частотный детектор с диодами $Д_{11}$, $Д_{12}$ и трехкаскадный УНЧ на транзисторах T_{11}—T_{14}. При помощи диода $Д_7$ осуществляется термостабилизация выходного каскада, нагруженного через автотрансформатор на головку громкоговорителя 0,5-ГД17. Амплитудно-частотная характеристика УНЧ корректируется при помощи частотно-зависимой ООС, напряжение которой подается с эмиттеров транзисторов T_{13}—T_{14} в цепь эмиттера T_{11} через цепь $R_{64}R_{61}R_{62}C_{71}$.


От УПЧИ
+150В
+250В
+135В
+235В
R202 3,3к
R203 120к
R204 10к
R201 180
R205 220к
R206 100к
R207 120к
R208 100
R210 6,8к
R211 100к
R213 2,2к
R214 1,5к
R215 10к
R216 4,7к
R217 1,5к
R218 1,5к
R220 560к
R222 1М
R223 470к
R224 4,7к
R226 270
R227 1М
R228 270
R219 4,7к
R536 560
R537 10к
R538 10к
R539 1к
R541 560
R542 560
R340 15к
C201 20
C202 150
C203 4700
C204 4700
C206 56
C207 56
C208 56
C209 4700
C211 62
C212 150
C213 62
C214 150
C216 0,022
C217 150
C218 150
C219 5,0×30В
C220 2200
C221 4700
C222 0,01
C223 10,0×6В
C226 25,0 ×15В
C519б 40,0×300В
C520 0,25
C522 0,5
C523 0,022
C524 2200
C526 0,1
2200
47к
Ф201
Ф202
Ф203
6,5
L202
L203
L204
L205
L206
L207
Д201 Д2Б
Д202 Д2Б
Л201 6Ж1П
Л202 6Ж1П
Л203 6Ф5П
КТ1
КТ2
КТ3
Тр502
Тф
В1
1ГД19
1ГД19
+230В
+105В
+65В
+1,6В
+7,0В
~6,3В
~6,3В
Рис. 3-35.

Обмотки автотрансформатора Tp_1 размещены на сердечнике Ш4 × 8 из пермаллоя и содержат соответственно 220 + 150 витков провода ПЭВ-1 0,23.

Контурные катушки заключены в экраны размерами 11 × 11 × 19 мм. Контур частотного детектора и детали R_{95}—R_{100} и C_{89}—C_{95} заключены в экран размерами 42 × 42 × 22 мм.

Блок УПЧЗ с детектором ЧМ сигналов на интегральных микросхемах серии К224

Блок выполнен с использованием частоты биений сигналов промежуточных частот 6,5 МГц (рис. 3-36). В него входят УПЧЗ, выполненный на микросхеме К2УС248, и детектор отношений на К2ДС242. Параметры блока: чувствительность не хуже 2 мВ; полоса пропускания не менее 250 кГц; уровень вы-

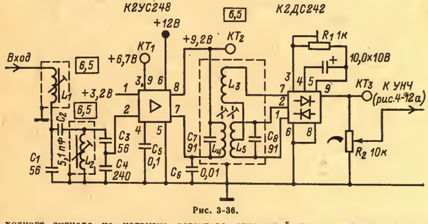


Рис. 3-36.

ходного сигнала на нагрузке детектора отношений при девиации частоты ±50 кГц — не менее 250 мВ. Потребляемый блоком ток в режиме молчания не более 16 мА.

На входе УПЧЗ включен полосовой фильтр $L_1C_1C_2L_2C_3C_4$, выделяющий сигнал разностной частоты 6,5 МГц. Микросхема К2УС248 обеспечивает усиление и одновременно ограничение сигнала разностной частоты.

Нагрузкой этой микросхемы является образованный катушками L_3—L_5 фазовращающий трансформатор, который с микросхемой К2ДС242 образует детектор отношений. Симметрия детектора достигается подстроечным резистором R_1.

Таблица 3-13

Данные контурных катушек блока УПЧЗ на интегральных микросхемах

Обозначение по схеме	Число витков	Провод	Обозначение по схеме	Число витков	Провод
L_1	56	ПЭВ-2 0,14	L_4	35	ПЭВ-2 0,19
L_2	56	ПЭВ-2 0,14	L_5	17×2	ПЭВ-2 0,19
L_3	15	ПЭВ-2 0,19			

Примечание. Все катушки наматывают в один слой виток к витку, L_3 — поверх L_4, а L_5 — в два провода.

Сигнал звуковой частоты с выхода детектора через регулятор громкости поступает на вход УНЧ.

Блок монтируется на печатной плате размерами 130 × 50 мм. Фазовращающий трансформатор детектора отношений помещают в экран.

Печатная плата должна быть рассчитана на установку резисторов ВС-0,125 или МЛТ-0,125, подстроечного резистора СП3-1Б конденсаторов К10-7В и электролитических конденсаторов К50-6.

Намоточные данные катушек приведены в табл. 3-13, а конструкция каркасов катушек показана на рис. 3-32. Они изготовлены из текстолита и заключены в экраны размерами 11 × 11 × 16 мм. Для подстройки контуров используют сердечники из карбонильного железа с резьбой М4.

3-5. ВИДЕОДЕТЕКТОРЫ И ВИДЕОУСИЛИТЕЛИ

Типовые схемы видеодетекторов и видеоусилителей ламповых телевизоров

В видеодетекторе, как правило, используют точечный германиевый диод с малой проходной емкостью (Д2А, Д2Б и т. п.). Видеодетектор выделяет видеосигнал, которым промодулирована несущая ПЧ изображения. Конденсатор C_1

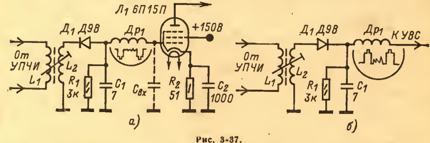


Рис. 3-37.

на выходе видеодетектора (рис. 3-37) отфильтровывает сигнал ПЧ от видеосигнала. Иногда роль этого конденсатора выполняет емкость монтажа или входная емкость следующего за видеодетектором видеоусилителя. Чтобы напряжение на этом конденсаторе успевало измениться по закону огибающей видеосигнала, постоянная времени нагрузки видеодетектора не должна превышать 0,03 мкс. Обычно $R = 2 \div 3$ кОм, $C = 5 \div 10$ пФ. В зависимости от полярности включения диода на выходе видеодетектора можно выделить видеосигнал положительной (рис. 3-37, *б*) или отрицательной полярности (3-37, *а*). Дроссель $Др_1$ с входной емкостью лампы $C_{вх}$ образует резонансный контур, настроенный на высшие составляющие видеосигнала, которые «заваливаются» на нагрузке детектора. Дроссель $Др_1$ осуществляет высокочастотную коррекцию видеосигнала и предотвращает проникновение сигнала ПЧ на вход видеоусилителя.

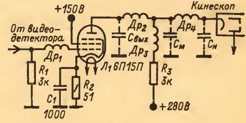


Рис. 3-38.

Видеоусилитель — чаще всего однокаскадный (рис. 3-38). Видеосигнал на его входе должен иметь амплитуду в несколько вольт; в этом случае нелинейные

искажения из-за нелинейности начального участка характеристики диода в видеодетекторе менее заметны. В нагрузку видеоусилителя входят выходная емкость лампы $C_{вых}$, монтажные емкости $C_м$ и емкость цепи модулятора кинескопа $C_н$. Чтобы коэффициент усиления видеоусилителя не сильно уменьшался из-за шунтирующего действия этих емкостей, на верхних частотах полосы пропускания сопротивление резистора в цепи анода лампы выбирают в пределах 2—8 кОм. Кроме того, в цепь нагрузки видеоусилителя включают корректирующие дроссели $Др_2$—$Др_4$, которые вместе с указанными емкостями образуют колебательные контуры, настроенные на высшие частоты видеосигнала. Благодаря этому удается не только скорректировать падение, но даже создать некоторый подъем усиления на высоких видеочастотах.

Рис. 3-39.

В цепях сложной коррекции включают два или три дросселя. Дроссель $Др_2$ образует резонансный контур с емкостями $C_{вых}$ и $C_м$, дроссель $Др_3$ — с емкостью $C_м$, а дроссель $Др_4$ — с емкостями $C_м$ и $C_н$. Так как дроссели $Др_2$ и $Др_4$ включены последовательно между источником выходного сигнала, лампой и модулятором кинескопа, то они составляют цепь последовательной коррекции. Дроссель $Др_3$, включенный параллельно источнику сигнала, входит в цепь параллельной коррекции. Благодаря этому АЧХ видеоусилителя на верхних частотах полосы пропускания имеет некоторый подъем, что положительно сказывается на четкости изображения.

Чтобы при ограниченном сопротивлении резистора нагрузки получить достаточное усиление, в видеоусилителях применяют лампы с повышенной крутизной характеристики (6П15П, 6Ф4П). Для полной модуляции кинескопа достаточно напряжение видеосигнала в 40—60 В, однако амплитудная характеристика видеоусилителя с учетом старения ламп должна быть линейной до 80—100 В.

Постоянная составляющая видеосигнала передается с выхода видеодетектора до модулятора кинескопа благодаря отсутствию переходных емкостей в видеоусилителе. Необходимость передачи постоянной составляющей поясняет рис. 3-39. Если в видеосигнале, модулирующем кинескоп, отсутствует постоянная составляющая, то яркость деталей воспроизводимого изображения не будет соответствовать оригиналу. Это происходит из-за того, что уровень напряжения на модуляторе кинескопа, соответствующий черному в воспроизводимом изображении, будет меняться в зависимости от средней освещенности передаваемого изображения. В результате при передаче слабо освещенного изображения (рис. 3-39, б) черные детали будут воспроизведены как серые, а серые — как светлые. При передаче ярко освещенного изображения серые детали станут черными, а белые могут стать серыми (рис. 3-39, а).

Если постоянная составляющая видеосигнала передается без потерь вплоть до модулятора кинескопа, то однажды установленный уровень черного не меняет своего положения на характеристике кинескопа в течение всей передачи.

Видеодетектор и видеоусилитель телевизора УЛТ-61. Нагрузкой диода $Д_{301}$ видеодетектора служит резистор R_{323} и двухзвенный фильтр $Др_{301}Др_{302}C_{332}$ (рис. 3-25). Повышенное напряжение видеосигнала (40—60 В) на выходе видео-

усилителя, необходимое для хорошей модуляции кинескопов 61ЛК1Б, удается получить при увеличении до 8,2 кОм сопротивления резистора R_{334} анодной нагрузки видеоусилителя. Чтобы в этом случае получить полосу пропускания 5,2 МГц, применена сложная схема коррекции с дросселями $Др_{303}$ — $Др_{305}$ и $Др_{502}$. Контрастность регулируется потенциометром R_{529} (см. стр. 252). Элементы $Д_{306}$, C_{511}, R_{330}, R_{345} и R_{351} входят в цепь гашения луча кинескопа после выключения телевизора (см. стр. 254).

Типовые схемы видеодетекторов и видеоусилителей транзисторных телевизоров

Видеодетекторы в транзисторных телевизорах выполняют по тем же схемам, что и в ламповых, однако, из-за того что на вход транзисторного видеоусилителя необходимо подать сигнал с амплитудой всего несколько десятых вольта (обуславливается характеристиками транзисторов), в видеодетекторе в этом случае применяют полупроводниковые диоды, обеспечивающие близкое к линейному детектирование столь малых сигналов (например, Д311).

Большое внимание приходится уделять согласованию нагрузочного сопротивления детектора с относительно низким входным сопротивлением транзистора в видеоусилителе. По этой причине между видеодетектором и усилительным каскадом включают эмиттерный повторитель, не дающий усиления по напряжению, но выполняющий роль трансформатора сопротивлений (рис. 3-40). Входное сопротивление эмиттерного повторителя на транзисторе T_1 в $h_{21э}$ раз больше его сопро-

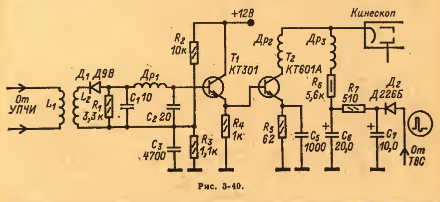


Рис. 3-40.

тивления нагрузки R_4, и это дает возможность исключить шунтирование нагрузки видеодетектора низким входным сопротивлением видеоусилителя (транзистор T_2).

Видеоусилитель обычно содержит один каскад на транзисторе T_2 (рис. 3-40), включенном по схеме ОЭ, и должен развивать выходное напряжение с амплитудой в несколько десятков вольт.

Хотя для транзисторных телевизоров разработаны кинескопы, для модуляции которых достаточно напряжение видеосигнала с амплитудой 20—40 В, в видеоусилителях приходится применять специальные транзисторы, которые могут работать при напряжении на коллекторе 50—100 В. В переносных транзисторных телевизорах, где напряжение питания всех остальных транзисторов обычно равно 12 В, для питания видеоусилителя используют напряжение, полученное от отдельного импульсного выпрямителя на диоде $Д_2$, подключенного к повышающей обмотке ТВС.

В транзисторных телевизорах модулирующий сигнал всегда подают на катод кинескопа, так как в этом случае изменяется разность потенциалов между модулятором и первым анодом кинескопа. При подаче сигнала на модулятор изменяется разность потенциалов между модулятором и катодом, а между катодом и первым

аиодом — ие изменяется. Глубииа модуляции в первом случае иа 20—25% выше, чем во втором, и от видеоусилителя требуется меньшее выходное напряжеиие.

Видеодетектор н видеоусилитель траизисториых телевизоров ППТ-23-2. После видеодетектора иа диоде $Д_6$ имеется двухкаскадиый видеоусилитель (рис. 3-29). Первый его каскад — на транзисторе T_9 по схеме с ОК для видеосигиала н по схеме с ОЭ для сигнала разностиой частоты звука, который выделяется на коитуре $L_{65}C_{58}$ и через коидеисатор C_{57} подается на вход УПЧЗ. Режекторный контур $L_{66}C_{59}$ предотвращает попадание разностиой частоты на вход второго каскада видеоусилителя иа траизисторе T_{10} по схеме с ОЭ и сложиой коррекцией АЧХ (рис. 3-30, *б*) при помощи дросселей $Др_5$ и $Др_4$. Усилеииый видеосигнал через коидеисатор C_{64} подается иа катод киияескопа $Л_1$. Контрастность изображеиия регулируется измеиением глубины ООС при помощи переменного резистора R_{51} в цепи эмиттера траизистора T_{10}.

3-6. ЯРКОСТНЫЙ КАНАЛ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗОРА

Требоваиия к яркостиому каиалу

Выходное иапряжеиие яркостного каиала, иеобходимое для модуляции лучей цветного кинескопа, должно быть не меиее 80—110 В, полоса пропускаиия — не менее 5,8 МГц с неравномериостью, ие превышающей ± 3 дБ относительно уровня иа частоте 1 МГц; степень подавления цветовых поднесущих и разностной частоты в яркостиом канале должна превышать 18 дБ, а коэффициеит нелииейиых искажеиий должеи быть меиее 15%. В яркостном канале, видеоусилитель которого обычно состоит из 2—3 каскадов, необходимо обеспечить передачу или восстаиовлеиие постояииой составляющей, играющей важную роль в получении правильной цветопередачи. Так как иепосредствениую передачу постоянной составляющей в 2—3 каскадиом видеоусилителе осуществить трудно, то чаще применяют цепи восстановления постояиной составляющей или цепи привязки уровня чериого (см. стр. 252).

Траизисторио-ламповый видеоусилитель яркостиого каиала

Из-за необходимости получить иа выходе яркостного каиала большую амплитуду усилеиного видеосигиала, оконечный каскад проще выполнить на электроииой лампе. Применение транзистора в оконечиом каскаде связано с иеобходимостью защиты его от высоковольтных разрядов, которые происходят в катодной цепи кинескопа. Каскады предварительиого усиления можно выполнить иа транзисторах (рис. 3-41). Сигнал с выхода видеодетектора на диоде $Д_1$ подается в положительиой поляриости на базу транзистора T_1, работающего в первом каскаде усиления с разделенными нагрузками. С эмиттерной нагрузки этого транзистора видеосигнал без потерн постояиной составляющей подается в цепь АРУ. В коллекториую цепь включена линия задержки $ЛЗ_1$ на 0,7 мкс. Резисторы R_4 и R_6 являются согласующими иагрузками линии. На входе и на выходе линии задержки включены режекторные коитуры $L_3C_3L_4C_5$ и L_5C_6, иастроенные на полосу частот цветовых подиесущих, и на разиостиую частоту 6,5 МГц, которые н осуществляют иеобходимое подавлеиие сигналов этих частот.

Траизистор T_2 работает в эмиттерном повторителе, нагрузкой его является перемеииый резистор R_{16} — регулятор контрастности. Резистор R_{13} в коллекториой цепи траизистора уменьшает входиую емкость повторителя, которая включена параллельно иагрузочиому резистору линии задержки и может ухудшить согласование с ней. Сигиал постояииого уровня на амплитудный селектор сиихроимпульсов сиимается до регулятора контрастности.

В цепи управляющей сетки лампы $Л_1$ — окоиечного каскада включена цепь восстаиовлеиия постояиной составляющей и привязки к уровню сиихроимпульсов $Д_3$ (см. стр. 252). Перемеиным резистором R_{17} изменяют напряжеиие смещения

на управляющей сетке лампы и ее режим по постоянному току. При непосредственном подключении катодов кинескопа к резистору R_{22} анодной нагрузки переменным резистором R_{17} можно регулировать яркость изображения. С анод-

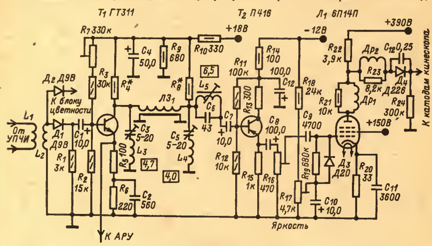


Рис. 3-41.

ной нагрузки лампы $Л_1$ постоянная составляющая передается на катоды кинескопа через открытый диод $Д_4$. Резистор R_{24} служит для ограничения максимального тока катодов кинескопа при возникновении неисправностей в усилителях цветоразностных сигналов, нагрузка которых гальванически связана с модуля-

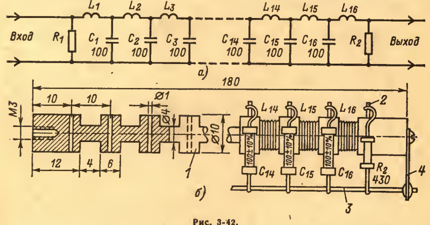


Рис. 3-42.

торами кинескопа. Кроме видеодетектора на диоде $Д_1$ к контуру с катушками L_1L_2, являющемуся нагрузкой последнего каскада УПЧИ, подключен детектор $Д_2$ сигнала разностной частоты 6,5 МГц и цветовых поднесущих. К выходу этого детектора подключается фильтр, имеющийся на входе блока цветности (стр. 205), где происходит отделение разностной частоты от цветовых поднесущих.

Индуктивность дросселей $Др_1$ и $Др_2$ соответственно 100 и 200 мкГ, а индуктивность катушек L_3 и L_4 по 100 мкГ.

В яркостном канале можно использовать линию задержки промышленного производства ЛЗЦТ-0,7/1500. При этом сопротивление резисторов R_4 и R_8 должно быть равно 1,5 кОм. Если в качестве линии применить отрезок кабеля задержки типа РКЗ-1201 длиной 35 см, то сопротивление резисторов R_4 и R_8 надо уменьшить до 1,2 кОм. Можно использовать кабель задержки РКЗ-401 длиной 110 см ($R_4 = R_8 = 430$ Ом) и кабель РКЗ-1601 длиной 60 см ($R_4 = R_8 =$ $= 1{,}6$ кОм).

Самодельная линия задержки с сосредоточенными постоянными (рис. 3-42, *а*) содержит 16 катушек индуктивности и 15 конденсаторов. Катушки наматывают на каркасе *1* (рис. 3-42, *б*), выточенном на токарном станке из эбонита или текстолита. Выводы катушек и конденсаторов припаивают к шпилькам из луженого провода *2*, вбитым в отверстия на каркасе между катушками. К толстому луженому проводу *3*, расположенному на расстоянии 20 мм, вдоль всего каркаса припаивают заземленные выводы конденсаторов *4*. Сопротивление резисторов R_4 и R_8 (на рис. 3-42 — 390—470 Ом) подбирают, добиваясь наиболее четкого изображения испытательной таблицы — без окантовок, теней и повторных контуров около тонких вертикальных линий. Если задержка велика или мала, то цветные пятна на изображении сдвинутся относительно границ раскрашиваемых деталей вправо или влево. В этом случае контуры L_5C_6 и L_4C_5 (рис. 3-41) подключают к отводам от последних секций линии и добиваются совмещения цветных пятен и деталей изображения.

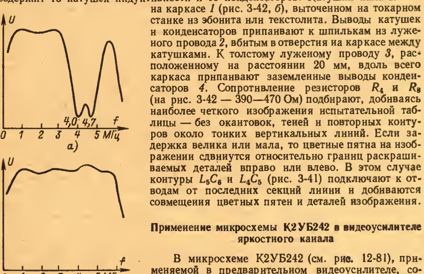


Рис. 3-43.

Применение микросхемы К2УБ242 в видеоусилителе яркостного канала

В микросхеме К2УБ242 (см. рис. 12-81), применяемой в предварительном видеоусилителе, содержатся два каскада, один из которых использован в схеме с ОК, а другой в схеме с ОЭ. Благодаря такому включению видеоусилитель обладает высоким входным сопротивлением, не являющимся дополнительной нагрузкой для видеодетектора с диодом $Д_4$ (рис. 3-31). Оконечный каскад усиления яркостного сигнала подключается к выходу микросхемы через согласующий каскад по схеме с ОК на транзисторе T_5.

С микросхемы видеосигнал поступает на блок цветности и АРУ (транзисторы T_2 и T_3). Нагрузкой микросхемы служит линия задержки $ЛЗ_1$ на 0,7 мкс. До и после линии задержки включены режекторные контуры $C_{35}L_{11}$ и $C_{36}L_{12}$, ослабляющие сигналы цветности поднесущих частот, которые для яркостного канала являются помехами. Такая режекция приводит к потере четкости изображения, особенно при приеме черно-белого изображения, поэтому предусмотрена возможность автоматического выключения режекторных контуров. Это осуществляется при помощи ключевого каскада, собранного на транзисторе T_4. На его базу поступает открывающее или закрывающее напряжение с блока цветности. В результате при открытом транзисторе режекторные контуры оказываются подключенными к линии задержки через малое сопротивление насыщенного транзистора и ослабляют сигналы соответствующих частот. Если же транзистор закрыт, то контуры отключены и ослабления сигналов не происходит.

Задержанный видеосигнал через эмиттерный повторитель на транзисторе T_5 и регулятор контрастности поступает на оконечные каскады видеоусиления в блок

формирования сигналов *RGB*. В цепь базы этого транзистора включен режекторный контур $L_{10}C_{87}$, настроенный на разностную частоту звука 6,5 МГц. Сквозная АЧХ предварительного видеоусилителя приведена на рис. 3-43, *а*, с отключенными режекторными контурами — на рис. 3-43, *б*.

В качестве линии задержки $ЛЗ_1$ можно использовать линию промышленного производства ЛЗЦТ-0,7/1500 или самодельную, изготовленную по рекомендациям на стр. 204.

3-7. БЛОК ЦВЕТНОСТИ ЦВЕТНОГО ТЕЛЕВИЗОРА

Блок цветности любительского цветного телевизора можно выполнить без линии задержки и осуществить декодирование сигналов цветности без их запоминания. В этом случае красный и синий цвета будут появляться на экране, чередуясь через строку, а все остальные образуются за счет пространственного смешивания цветов двух соседних строк и зрительной памяти глаза. Цветные детали будут раскрашиваться как бы вдвое более редкими штрихами. Уменьшение видимой цветовой насыщенности можно компенсировать увеличением модуляции лучей кинескопа. Более мелкие неокрашенные детали изображения будут воспроизводиться с полным числом строк развертки, и общая четкость по вертикали не уменьшается.

После декодирования сигналы E'_{R-Y} и E'_{B-Y} появляются поочередно: в течение одной строки на выходе матрицы образуется сигнал $E'_{G-Y} = -0{,}59E'_{R-Y} + 0$, а в течение другой $E''_{G-Y} = 0 + 19E'_{B-Y}$. Эти сигналы и сигнал E'_Y подают на модулятор и катод прожектора кинескопа, который в результате будет промодулирован сигналами E'_G и E''_G. В глазу благодаря зрительной памяти и эффекту пространственного смешения происходит сложение информации от этих сигналов $E'_G + E''_G = E_G$ и вся информация о зеленом цвете воспроизводится правильно.

Контур на входе блока, образованный элементами L_2C_3 и входной емкостью пентода $Л_1$ (рис. 3-44), вместе с контуром $L_3C_7C_8$ анодной цепи этой лампы формирует колоколообразную АЧХ каскада, необходимую для коррекции ВЧ предыскажений (рис. 3-45). Усиленные полосовым усилителем (пентод $Л_1$) сигналы цветности через ограничитель с диодами $Д_4$, $Д_5$ и $Д_{13}$, $Д_{14}$ поступают на управляющие сетки пентодов $Л_2$ и $Л_5$, работающих в коммутируемых усилителях цветовых поднесущих.

Переменным резистором R_{48} регулируют порог ограничения сигналов и цветовую насыщенность изображения. Переменным резистором R_{44} дифференциально изменяется ограничение цветовых поднесущих и регулируется верность воспроизведения цветового изображения.

Кроме сигналов цветности на управляющие сетки пентодов $Л_2$ и $Л_5$ через конденсаторы C_{29} и C_{31} и резисторы R_{16} и R_{51} поступают коммутирующие импульсы от симметричного триггера на лампе $Л_3$. Перевод триггера из одного устойчивого состояния в другое осуществляется отрицательными импульсами обратного хода строчной развертки, которые поступают на сетки лампы $Л_3$ через конденсатор C_{27} и диоды $Д_{10}$ и $Д_{11}$ и запирают открытый триод. Изменяя емкость C_{27}, устанавливают амплитуду импульсов, поступающих на сетки $Л_3$, такой, чтобы обеспечить устойчивую работу триггера.

В анодные цепи пентодов $Л_2$ и $Л_5$ включены контуры частотных детекторов с диодами $Д_7$, $Д_8$ и $Д_{16}$, $Д_{17}$. Наклон характеристики (рис. 3-46) частотного детектора сигнала E'_{R-Y} иной, чем у детектора сигнала E'_{B-Y}. Это достигается обратным включением диодов $Д_7$, $Д_8$.

Требуемая стабильность нулевых точек частотных детекторов обеспечивается применением в их контурах керамических конденсаторов C_{19} и C_{42} с отрицательными ТКЕ (красной окраски) и подстроечных конденсаторов КПКМ также с отрицательными ТКЕ. Дроссели $Др_3$ и $Др_4$ не пропускают на сетки триодов $Л_2$ и $Л_5$ сигналы поднесущих частот f_B и f_R.

Через резисторы R_{26}, R_{60}, R_{67} постоянная составляющая цветоразностных сигиалов подается на модуляторы киiескопа. Для достижеиия требуемой при этом стабильности усилителей в цепь катодов триодов $Л_2$ и $Л_5$ включены стабили-

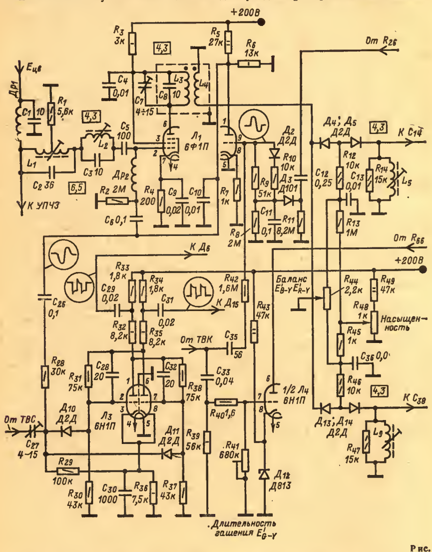
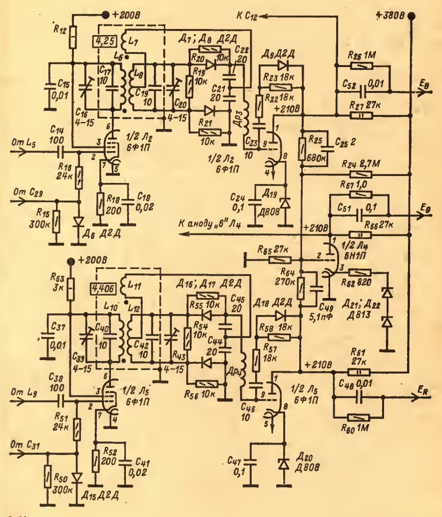


Рис.

троны $Д_{19}$ и $Д_{20}$. Резисторы R_{25}, R_{64}, R_{65} матрицируют сигналы E'_{G-Y} и E''_{G-Y}, которые усиливаются правым по схеме триодом $Л_4$. Левый триод $Л_4$ используется в схеме гашения части строк, которые могут подсвечиваться импульсами опознавания, имеющими на аноде правого триода $Л_4$ положительную поляриость. С этой

целью на сетку левого триода подаются импульсы обратного хода кадровой развертки, а его анод подключен к анодной нагрузке правого триода.

Передний фронт положительных импульсов усиливаемых цветоразностных сигналов формируется за счет заряда паразитной емкости нагрузки через резис-



3-44.

торы R_{27} и R_{61}, а отрицательный задний — за счет разряда через внутренние сопротивления триодов $Л_2$ и $Л_5$. Чтобы повысить крутизну положительного фронта импульсов, в цепи ООС в усилителях сигналов E'_{B-Y} и E'_{R-Y} включены диоды $Д_9$ и $Д_{18}$, которые меняют степень обратной связи для этого фронта.

Правильность фазы переключения триггера $Л_3$ контролируется цепью опознавания цвета, которая, кроме того, выключает канал цветности при приеме черно-белых передач. Биполярный импульс, сформированный цепью $C_{35}R_{42}R_9Д_2R_{10}$ из импульса обратного хода, снимаемого с первичной обмотки ТВК, поступает на сетку триода $Л_1$ и появляется в его анодной цепи (рис. 3-47, *а* и *б*). Первая полуволна этого импульса через цепь C_{28} и R_{28} осуществляет коррекцию фазы триггера (рис. 3-47, *б*, *е*), а вторая — через цепь $C_6Др_2$ поступает на управляющую сетку пентода $Л_1$ и отпирает его на время возможного появления сигнала опознавания (рис. 3-47, *в*).

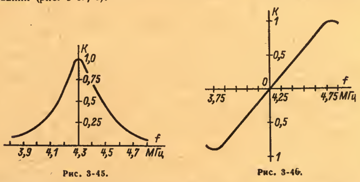


Рис. 3-45. Рис. 3-46.

Напряжение, образующееся на конденсаторе C_6 за счет сеточных токов, запирает пентод $Л_1$ на время активной части полукадра.

При правильной фазировке триггера $Л_3$ на выходе усилителя сигналов E'_{B-Y} (триод $Л_2$) появляются отрицательные импульсы опознавания (рис. 3-47, *г*), которые через диод $Д_3$ (рис. 3-47, *б*) заряжают конденсатор C_{11}. Отрицательное напряжение, полученное на конденсаторе C_{11}, запирает триод $Л_1$; биполярный

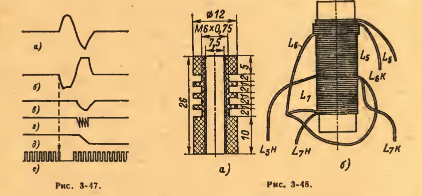


Рис. 3-47. Рис. 3-48.

импульс в его анодной цепи (рис. 3-47, *б*) и напряжение на конденсаторе C_6 исчезают. В итоге пентод $Л_1$ отпирается и нормально усиливает сигналы цветности.

При неправильной фазировке триггера $Л_3$ импульсы опознавания на выходе усилителя сигналов E'_{B-Y} изменяют свою полярность, напряжение на конденсаторе C_{11} исчезает и появившаяся в анодной цепи триода $Л_1$ первая полуволна биполярного импульса осуществляет коррекцию фазы (рис. 3-47, *в*,*е*).

Катушки L_3, L_4, $L_6 - L_8$ и $L_{10} - L_{12}$ наматывают в одну сторону виток к витку проводом ПЭЛШО 0,1 на каркасах ⌀ 12 мм и заключают в экраны размерами 35 × 35 × 45 мм; L_3 и L_4 содержат по 80 витков, намотанных в два провода, полуобмотки катушек L_6 и L_{12} наматывают в два провода и соединяют последовательно. Катушки L_2, L_5 снабженные карбонильными сердечниками, и дроссели $Др_2$ и $Др_4$ наматывают проводом ПЭЛШО 0,1 на секционированных каркасах (рис. 3-48, *а*); L_2, L_5, L_9 содержат 4 секции по 27 витков; $Др_2 - Др_4$ — 4 × × 120 витков, L_8 и L_{12} содержат по 2 × 19, L_7 и L_{11} по 12, а L_6 и L_{10} по 60 витков (на рис. 3-48, *б* $L_6 - L_8$ обозначены как $L_5 - L_7$).

Блок цветности на микросхемах серии К224

Блок цветности (рис. 3-49) содержит каналы прямого и задержанного сигналов, электронный коммутатор с симметричным триггером, каналы «синего» и «красного» сигналов, селектор сигналов цветной синхронизации и устройство опознавания.

На блок цветности поступает сигнал с отдельного видеодетектора или отделенный от сигнала E'_Y из канала яркости. Фильтр L_1C_3 на входе блока обеспечивает коррекцию ВЧ предыскажений, введенных на телецентре. В канале прямого сигнала происходит усиление сигнала изображения в предварительном усилителе и ограничение в усилителе-ограничителе на микросхеме $МС_1$. (Вывод *6* этой МС должен быть соединен не только с выводом *3* $МС_3$, но также с выводом *1* $МС_7$.)

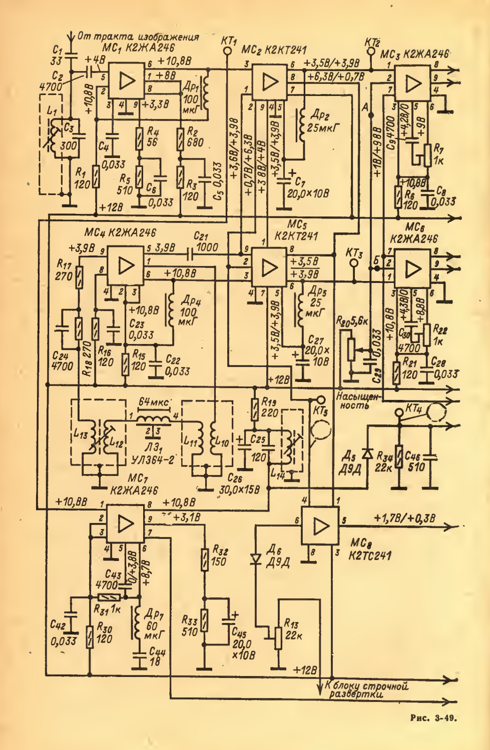
Далее прямой сигнал подается на электронный коммутатор на микросхемах $МС_2$ и $МС_5$, в канал задержанного сигнала — $МС_4$ и на селектор сигналов цветовой синхронизации $МС_7$. Часть $МС_4$ используется в согласующем каскаде, обеспечивающем согласование сопротивлений прямого канала и линии задержки, которая задерживает сигнал на время 63,8 мкс, почти равное длительности строки. Задержанный сигнал через усилитель на второй части $МС_4$ подается на электронный коммутатор, работой которого управляет симметричный триггер на микросхеме $МС_8$, переключаемый импульсами, поступающими из блока строчной развертки.

Электронный коммутатор разделяет «синий» и «красный» цветоразностные ЧМ сигналы. Первый из них через усилитель-ограничитель и усилитель на $МС_3$ подается на частотный дискриминатор с диодами $Д_1$ и $Д_2$, а второй через аналогичные каскады на $МС_6$ — на дискриминатор с диодами $Д_3$ и $Д_4$. Оба выделенных на выходах дискриминаторов цветоразностных сигнала поступают в формирователи цветовых сигналов *RGB*.

Предварительный усилитель-ограничитель и селектор на микросхеме $МС_7$ служат для выделения радиоимпульсов цветовой синхронизации. Так как они передаются во время кадрового гасящего импульса, селектор открывается только на этот промежуток времени импульсами, поступающими с триггера кадровых импульсов на микросхеме $МС_{10}$.

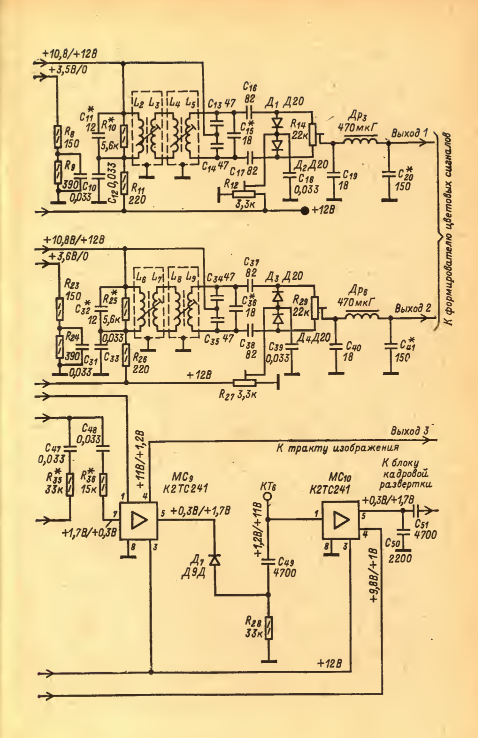
Радиоимпульсы детектируются в амплитудном детекторе на диоде $Д_5$ и на его выходе появляются импульсы цветовой синхронизации. Эти импульсы подаются на симметричный триггер коммутатора и корректируют его работу так, чтобы «синий» и «красный» цветоразностные сигналы поступали в свои каналы, а не наоборот. Кроме того, импульсы цветовой синхронизации поступают на каскад опознавания сигналов цветности на $МС_9$, изменяя его состояние. При этом на усилители цветоразностных сигналов в $МС_3$ и $МС_6$ подается открывающее их напряжение. Оно также подается на ключевой каскад в предварительном видеоусилителе, который подключает режекторные контуры, ослабляющие сигналы цветности в яркостном канале (рис. 3-31). Это улучшает качество цветного изображения.

Контур $L_{14}C_{25}$ настроен на частоту 3,9 МГц, лежащую в области девиации «синей» поднесущей сигнала опознавания. Детектор на диоде $Д_5$ выделяет пять



От тракта изображения
МС1 К2ЖА246
МС2 К2КТ241
МС3 К2ЖА246
КТ1
КТ2
КТ3
КТ4
КТ5
Др1 100 мкГ
Др2 25мкГ
Др4 100 мкГ
Др5 25 мкГ
Др7 60 мкГ
МС4 К2ЖА246
МС5 К2КТ241
МС6 К2ЖА246
МС7 К2ЖА246
МС8 К2ТС241
64мкс
ЛЗ1 УЛ364-2
Насыщенность
+1,7В/+0,3В
К блоку строчной развертки
Д5 Д9Д
Д6 Д9Д

Рис. 3-49.



+10,8/+12В
+3,5В/0
R8 150
R9 390
C10 0,033
C11* 12
R10* 5,6к
C12 0,033
R11 220
L2 L3 L4 L5
C13 47
C14 47
C16 82
C15* 18
C17 82
Д1 Д20
R14 22к
Д2 Д20
C18 0,033
R12 3,3к
+12В
Др3 470 мкГ
C19 18
C20* 150
Выход 1
+10,8В/+12В
+3,6В/0
R23 150
R24 390
C31 0,033
C32* 12
R25* 5,6к
C33 0,033
R26 220
L6 L7 L8 L9
C34 47
C35 47
C37 82
C36* 18
C38 82
Д3 Д20
R29 22к
Д4 Д20
C39 0,033
R27 3,3к
+12В
Др6 470 мкГ
C40 18
C41* 150
Выход 2
К формирователю цветовых сигналов
C47 0,033
C48 0,033
R35* 33к
R36* 15к
+1,7В/+0,3В
+11В/+1,2В
MC9 К2ТС241
+0,3В/+1,7В
Д7 Д9Д
КТ6
+1,2В/+11В
C49 4700
R28 33к
Выход 3
К тракту изображения
MC10 К2ТС241
К блоку кадровой развертки
+0,3В/+1,7В
C51 4700
C50 2200
+9,8В/+1В
+12В

видеоимпульсов, которые и используются для коррекции фазы переключения электронного коммутатора. Для повышения надежности коррекции фазы на выходе усилителя-ограничителя селектора включен режекторный фильтр $Др_7C_{44}$, настроенный на частоту, лежащую в области девиации «красной» поднесущей сигнала опознавания (4,75 МГц).

Автоматическое открывание блока цветности производится устройством опознавания цветовых сигналов, собранным на MC_9 и представляющим собой триггер, аналогичный триггеру кадровых импульсов (MC_{10}). Импульсами кадровой частоты через дифференцирующую цепочку $C_{49}R_{28}$ и диод $Д_7$ устройство опознавания устанавливается в такое устойчивое состояние, при котором напряжение 9,8 В с вывода *1* MC_9 подается на базы ключевых транзисторов MC_3 и MC_6. Эти транзисторы, открывшись, замыкают на общий провод базы транзисторов, нагруженных контурами L_2C_{11} и L_6C_{32}, тем самым закрывая каналы цветности.

Сигналы цветовой синхронизации после амплитудного детектора поступают также на вход *7* микросхемы MC_9 устройства опознавания. Они устанавливают устройство во второе устойчивое состояние, в результате чего на базе транзисторов T_3 MC_3 и MC_6 оказывается напряжение, при котором блок цветности открыт. При приеме черно-белого изображения сигналы цветовой синхронизации отсутствуют, поэтому блок цветности оказывается закрытым.

Блок можно смонтировать на плате размерами 150 × 115 мм из фольгированного стеклотекстолита. Все катушки блока наматывают на каркасах, чертеж которых приведен на рис. 3-32. Намотка — рядовая, виток к витку (катушки L_2, L_5, L_6, L_9 в два слоя). Катушки L_3, L_4, L_7, L_8, L_{11}, L_{12} наматывают соответственно поверх катушек L_2, L_5, L_6, L_9, L_{10}, L_{13} на их средние. Подстроечные сердечники ⌀ 4 мм выполнены из карбонильного железа, экраны катушек имеют размеры 11 × 11 × 19 мм. Катушка L_1 содержит 40, а катушки L_{10} и L_{13} имеют по 80 витков ПЭВ-2 0,23. Катушки L_2, L_5, L_6 и L_9 содержат по 100, а L_3, L_4, L_7, L_8, L_{11} и L_{12} — по 10 витков ПЭВ-2 0,19. Катушка L_{14} имеет 50 витков ПЭВ-2 0,14. Резистор R_{20} устанавливают на передней панели телевизора, конденсатор C_{29} монтируют на выводах этого резистора.

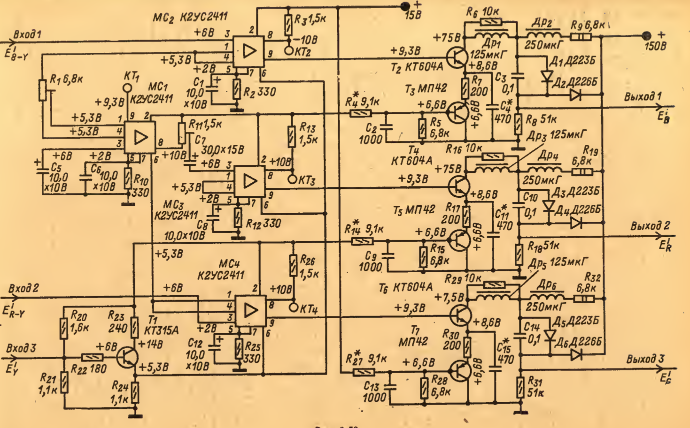
Блок формирования и усиления видеосигналов для цветного телевизора на микросхемах серии К224

В блоках цветных телевизоров на электронных лампах получение (матрицирование) трех основных цветов *RGB* осуществляется в самом кинескопе, для чего на модуляторы из блока цветности поступают «синий», «зеленый» и «красный» цветоразностные сигналы, а на катоды — яркостный сигнал. Правильность матрицирования проверяют визуально, по изображению, получаемому на экране телевизора. Но можно три основных цветовых сигнала *RGB* получить до их подачи на кинескоп. Величина сигналов, подаваемых в этом случае на кинескоп, на 20% меньше, чем при матрицировании в кинескопе. Кроме того, регулировку яркости можно производить раздельно от регулировки контрастности, изменяя потенциалы на модуляторах кинескопа.

Схема узла формирования, собранного на четырех одинаковых матрицах MC_1 — MC_4, показана на рис. 3-50. В формирователь из блока цветности поступают цветоразностные «синий» и «красный» сигналы (*вход 1* и *2* соответственно) и яркостный сигнал (*вход 3*). Матрица MC_1 служит для получения третьего цветоразностного «зеленого» сигнала, а матрицы MC_2 — MC_4 — для формирования основных цветовых сигналов, для чего, кроме цветоразностных сигналов, на них через эмиттерный повторитель на транзисторе T_1 подается яркостный сигнал.

Полученные в матрицах цветовые сигналы усиливаются выходными видеоусилителями на транзисторах T_2 — T_7 и поступают на катоды кинескопа.

Выходные видеоусилители цветовых сигналов построены по одинаковой схеме, поэтому рассмотрим, например, канал «синего» сигнала, собранного на транзисторе T_2. Для формирования необходимой АЧХ в нагрузку оконечных усили-



МС2 К2УС2411
МС1 К2УС2411
МС3 К2УС2411
МС4 К2УС2411
Вход 1
Вход 2
Вход 3
Выход 1
Выход 2
Выход 3
E'_{B-Y}
E'_{R-Y}
E'_Y
E'_B
E'_R
E'_G
+15В
+150В
T_1 КТ315А
T_2 КТ604А
T_3 МП42
T_4 КТ604А
T_5 МП42
T_6 КТ604А
T_7 МП42
R_1 6,8к
R_2 330
R_3 1,5к
R_4^* 9,1к
R_5 6,8к
R_6 10к
R_7 200
R_8 51к
R_9 6,8к
R_{10} 330
R_{11} 1,5к
R_{12} 330
R_{13} 1,5к
R_{14}^* 9,1к
R_{15} 6,8к
R_{16} 10к
R_{17} 200
R_{18} 51к
R_{19} 6,8к
R_{20} 1,6к
R_{21} 1,1к
R_{22} 180
R_{23} 240
R_{24} 1,1к
R_{25} 330
R_{26} 1,5к
R_{27}^* 9,1к
R_{28} 6,8к
R_{29} 10к
R_{30} 200
R_{31} 51к
R_{32} 6,8к
C_1 10,0 х10В
C_2 1000
C_3 0,1
C_4^* 470
C_5 10,0 х10В
C_6 10,0 х10В
C_7 30,0х15В
C_8 10,0х10В
C_9 1000
C_{10} 0,1
C_{11}^* 470
C_{12} 10,0 х10В
C_{13} 1000
C_{14} 0,1
C_{15}^* 470
Др1 125мкГ
Др2 250мкГ
Др3 125мкГ
Др4 250мкГ
Др5 125мкГ
Др6 250мкГ
Д1 Д223Б
Д2 Д226Б
Д3 Д223Б
Д4 Д226Б
Д5 Д223Б
Д6 Д226Б
КТ1
КТ2
КТ3
КТ4

Рис. 3-50.

телей включены дроссели $Др_1$ — $Др_6$, а для получения равномерного усиления на низших и высших частотах спектра видеосигнала в эмиттерную цепь транзисторов T_2, T_4 и T_6 введены транзисторы T_3, T_5 и T_7. Подбирая сопротивления резисторов R_4, R_{14} и R_{27}, можно установить наиболее благоприятный режим работы оконечных усилителей.

На выходе усилителей включены защитные цепи, состоящие из диодов $Д_1$ — $Д_6$, которые служат для защиты транзисторов и микросхем от высоковольтных разрядов в цепи модулирующих электродов кинескопа, подключаемых к *выходам 1—3*.

Блок можно смонтировать на печатной плате размерами 105 × 115 мм. В блоке применяют резисторы МЛТ-2 (R_9, R_{19}, R_{32}) и МЛТ-0,25 (все остальные), подстроечные резисторы СП3-1Б, электролитические конденсаторы К50-6, конденсаторы КМ или КЛГ. Транзисторы выходных каскадов крепят на дополнительной плате, выполненной также из фольгированного гетинакса, которая служит для экранирования выходов блока от его входов: в противном случае выходные сигналы большой мощности могут создать помехи на входе блока, что приведет к значительным искажениям цветов на экране телевизора. Транзисторы КТ604А снабжены радиаторами, которые должны быть изолированы от фольги платы.

3-8. УСТРОЙСТВА СИНХРОНИЗАЦИИ И РАЗВЕРТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Селекторы импульсов синхронизации

Селекторы импульсов синхронизации на лампах. Амплитуда синхроимпульсов составляет 25% максимального размаха полного телевизионного сигнала. Так как для получения изображения нормальной контрастности на модулирующий электрод кинескопа подается видеосигнал амплитудой 40—60 В, то амплитуда синхроимпульсов в полном сигнале составляет 10—15 В. В телевизорах, где селекторы выполнены на электронных лампах, напряжение полного телевизионного сигнала с синхроимпульсами положительной полярности с выхода видеоусилителя подается на управляющую сетку пентода (рис. 3-51, *а*). Напряжение на его экранирующей сетке и на аноде выбирается небольшим. При этом анодный ток прекращается при отрицательном напряжении на управляющей сетке $U_{c1} \leqslant 7{,}5 \div 10$ В. Положительные импульсы синхронизации вызывают появление сеточных токов, которые заряжают конденсатор C_1 до напряжения, равного амплитуде полного видеосигнала. Благодаря этому пентод оказывается закрытым этим напряжением и открывается только синхроимпульсами, амплитуда которых превышает напряжение отсечки. В анодной цепи пентода $Л_1$ получаются импульсы тока, соответствующие импульсам синхронизации (рис. 3-51, *б*).

Постоянная времени цепи R_1C_1 имеет большую величину, с тем чтобы напряжение на обкладках конденсатора C_1 и на управляющей сетке пентода не уменьшалось в промежутках между синхроимпульсами. При этом импульсные помехи, превышающие по амплитуде синхроимпульсы, создадут сеточный ток, который зарядит конденсатор C_1 до большого отрицательного напряжения, и пока конденсатор не разрядится, лампа будет заперта. Поэтому ряд синхроимпульсов не воспроизводится в анодной цепи и синхронизация может нарушиться. Для того чтобы избежать этого, в цепь управляющей сетки пентода $Л_1$ включена цепь из резистора R_2 и конденсатора C_2. Емкость этого конденсатора значительно меньше емкости конденсатора C_1. Поэтому во время действия импульсов помех с большой амплитудой конденсатор C_2 заряжается и разряжается через резистор R_2 значительно быстрее конденсатора C_1. В результате сразу же после окончания помехи на управляющей сетке лампы устанавливается нормальное смещение.

С выхода селектора отделенные от видеосигнала синхроимпульсы поступают на цепи разделения R_6C_4 и C_5R_7.

Цепи разделения синхроимпульсов. Чтобы использовать синхроимпульсы для синхронизация генераторов развертки луча кинескопа по строкам и по кадрам — необходимо разделить их на строчные и кадровые. Отделение кадровых синхроимпульсов, имеющих большую длительность, производится интегрирующей цепью R_6C_4. Ее постоянная времени выбирается такой, что за время кадрового синхроимпульса *2* конденсатор C_4 успевает зарядиться (накопить заряд) через резистор R_6 почти до полного напряжения U_2 (рис. 3-51, *в* и *г*), а за более короткое время строчного синхроимпульса *1* заряд конденсатора оказывается малым (U_1). В результате на *Выходе г* интегрирующей цепи выделяются импульсы кадровой синхронизации (рис. 3-51, *г*).

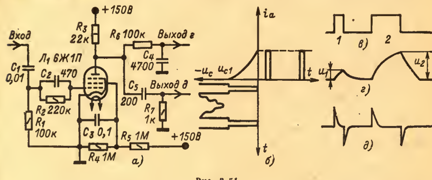


Рис. 3-51.

Для выделения импульсов строчной синхронизации служит дифференцирующая цепь, состоящая из конденсатора C_5 и резистора R_7. Конденсатор C_5 быстро заряжается во время прихода синхроимпульса и также быстро разряжается после его окончании. В результате ток заряда и разряда конденсатора C_5 создает падение напряжения на резисторе R_7 (*Выход д*) в виде укороченных импульсов (рис. 3-51, *д*), которые и используются для синхронизации генератора строчной развертки.

Иногда после селектора до цепей разделения синхроимпульсов или после одной из них включают усилительный каскад на триоде, в котором происходит дополнительное ограничение синхроимпульсов, а также изменяется их полярность. Если такой каскад включить после одной из цепей разделении, то влияние генераторов развертки друг на друга, возникающее через цепи разделения, устраняется.

Селекторы импульсов синхронизации на транзисторах. Селекторы на транзисторах содержат 2—4 каскада. Уровень помех при приеме на встроенную в телевизор антенну в условиях города бывает очень высок. Поэтому перед каскадом, в котором происходит отделение синхроимпульсов, включают один или два каскада, предварительно ограничивающих сигнал и помехи. Иногда после отделения синхроимпульсы усиливаются и ограничиваются в дополнительных каскадах, входящих в схему селектора.

Схема каскада, в котором происходит отделение синхроимпульсов, приведена на рис. 3-52. Этот каскад можно использовать в качестве селектора в любительских телевизорах на транзисторах. При отсутствии сигнала на входе транзистор заперт, так как на его базу напряжение смещения не подается. Во время действии синхроимпульсов отрицательной полярности, содержащихся во входном сигнале, транзистор отпирается, в цепи базы протекает ток, заряжающий конденсатор C_1, и к базе транзистора оказывается приложенным положительное напряжение, до которого заряжается конденсатор. В результате ток в цепи коллектора протекает лишь во время отпирания транзистора вершинами синхроим-

пульсов, и на резисторе R_3 появляются синхроимпульсы, отделенные от видеосигнала.

Для уменьшения влияния импульсных помех в цепь базы транзистора включена цепь R_1C_2. Резистор R_4 необходим для того, чтобы большая входная емкость селектора не шунтировала нагрузку видеоусилителя. Кроме того, резисторы R_4 R_1 и R_2 составляют делитель, понижающий напряжение сигнала, приложенного к базе транзистора. Благодаря этому предотвращается пробой перехода база — эмиттер положительным напряжением, имеющимся на конденсаторе C_1, которое при отсутствии делителя может превысить допустимую величину. Цепи R_5C_3 и C_4R_6, так же как и в схеме на рис. 3-51, служат для разделения синхроимпульсов на строчные и кадровые.

Рис. 3-52.

Селектор синхроимпульсов транзисторного телевизора ППТ-23-2 (рис. 3-29). Из эмиттерной цепи транзистора T_9 видеосигнал подается на вход амплитудного селектора синхроимпульсов на транзисторе T_{20}. Усиление и ограничение синхроимпульсов производится в каскадах на транзисторах T_{19} и T_{20}. С коллектора последнего кадровые и строчные синхроимпульсы поступают на базу транзистора T_{19}, работающего в фазоинверторе с разделенной нагрузкой. Противофазные строчные импульсы с коллектора и эмиттера этого транзистора подаются на схему АПЧиФ блока развертки. Кадровые синхроимпульсы формируются при помощи интегрирующих цепей $R_{90}C_{86}R_{89}C_{85}$ и $R_{84}C_{83}$ в базовой и эмиттерной цепях транзистора T_{18}, работающего в каскаде формирования этих синхроимпульсов.

Селектор импульсов синхронизации на интегральной микросхеме К2СА241. Для выделения из полного видеосигнала синхронизирующих импульсов, используемых для управления частотами задающих генераторов строчной и кадровой разверток, можно применить микросхему К2СА241 (см. рис. 12-84). На ее вход (вывод *1*) от предварительного видеоусилителя подают полный видеосигнал, а с выводов *8* и *9* снимают противофазные импульсы с амплитудой 8 В на устройство АПЧиФ строчной развертки. Кроме того, вывод *8* соединяют с входом интегрирующего каскада формирующего импульсы синхронизации кадровой развертки.

Генераторы строчной развертки

В генераторах строчной развертки вырабатывается переменный ток пилообразной формы с частотой 15 625 Гц, необходимый для плавного и равномерного движения луча по экрану кинескопа слева направо с последующим быстрым его возвратом к началу следующей строки. В современных кинескопах луч движется под действием переменного магнитного поля, создаваемого катушками отклоняющей системы. В генераторах пилообразного тока строчной развертки в качестве источника, задающего частоту генерируемых импульсов, используются блокинг-генераторы и мультивибраторы.

Блокинг-генераторы (рис. 3-53, *а*) — однокаскадные релаксационные генераторы с трансформаторной обратной связью между сеточной и анодной цепями триода. При этом в устройстве возникают колебания сложной формы, имеющие вид периодических импульсов (рис. 3-53, *б-г*). Сеточные токи триода, возникающие в моменты появления положительных импульсов напряжения на обмотке *II* трансформатора Tp_1, заряжают конденсатор C_1. Благодаря отрицательному знаку напряжения на нижней (по схеме) обкладке этого конденсатора триод большую часть времени оказывается закрытым. Отпирается он только тогда,

когда напряжение на конденсаторе уменьшается до значения u_{C0} за счет разряда его через резисторы R_2 и R_3, обмотку *II* трансформатора Tp_1 и резистор R_1. Появившийся анодный ток триода создает импульсное падение напряжения на об-

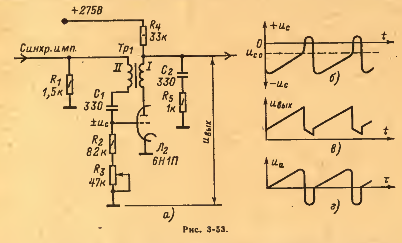


Рис. 3-53.

мотке *I* (рис. 3-53, *г*). Это падение напряжения трансформируется в обмотку *II* и еще больше отпирает триод. В результате за счет ПОС в цепи возникает колебательный процесс и на обмотке *II* снова образуется положительный импульс напряжения, вызывающий появление сеточного тока и запирание триода.

На конденсаторе C_2 образуется пилообразно-импульсное напряжение (рис. 3-53, *в*) за счет медленного его заряда напряжением питания + 275 В через резистор R_4 и быстрого разряда через триод в момент его отпирания. Это напряжение используется для управления оконечным каскадом генератора строчной развертки. В устройстве используется унифицированный трансформатор типа ТБС. Вместо унифицированного трансформатора ТБС в блокинг-генераторе можно использовать самодельный трансформатор со следующими данными: магнитопровод Ш12 × 12 из трансформаторной стали; обмотка *I* — 210 витков, обмотка *II* — 100 витков ПЭЛ 0,2.

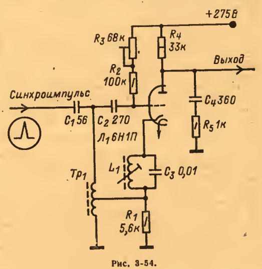


Рис. 3-54.

В некоторых моделях телевизоров используется разновидность блокинг-генератора с автотрансформаторной обратной связью (рис. 3-54). Особенностью этого генератора является включение автотрансформатора Tp_1 в цепь катода

триода $Л_1$, что делает синхронизацию более помехоустойчивой. В цепь катода, кроме того, включают колебательный контур L_1C_3, настроенный на частоту строчной развертки. Синусоидальное напряжение с контура складывается с пилообразно-импульсным напряжением (пунктир), приложенным к сетке триода (рис. 3-55). В результате крутизна конечного участка кривой увеличивается, что стабилизирует частоту колебаний блокинг-генератора и уменьшает вероятность синхронизации его импульсами помех *1* в конце этого участка.

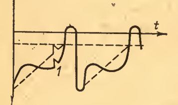


Рис. 3-55.

Блокинг-генераторы на транзисторах (рис. 3-56) работают, как и ламповые, за счет трансформаторной обратной связи, и в них протекают аналогичные процессы. Задающая частоту цепь R_1C_1 может включаться в цепь базы (рис. 3-56, *а*) или в цепь эмиттера (рис. 3-56, *б*). В последнем случае получается большее входное сопротивление и обеспечивается согласование со схемой синхронизации или управления частотой и фазой колебаний. Выходное напряжение для управления оконечным каскадом генератора строчной развертки на транзисторах снимается с обмотки *I* трансформатора $Тр_1$ (рис. 3-56), либо с резистора R_3 в цепи коллектора транзистора, либо с дополнительной (третьей) обмотки трансформатора $Тр_1$. Чтобы улучшить согласование и исключить влияние оконечного каскада на параметры блокинг-генератора, между ними часто включают промежуточный усилитель на одном или двух транзисторах.

Мультивибратор на электронных лампах, так же как и блокинг-генератор, можно использовать в качестве задающего генератора в схеме строчной развертки. Широко применяется для этой цели мультивибратор с катодной связью (рис. 3-57). Триоды лампы $Л_1$ работают поочередно. Когда левый по схеме триод отпирается, а правый запирается, конденсатор C_3 начинает разряжаться через левый триод и резисторы R_5 и R_6. Ток разряда создает на этих резисторах падение напряжения, которое удерживает правый триод в запертом состоянии. В конце разряда конденсатора запирающее напряжение на сетке правого триода уменьшается и он отпирается (момент t_1 на рис. 3-58). Появившийся анодный ток правого триода создает на резисторе R_4 падение напряжения, запирающее левый триод. Анодный ток этого триода уменьшается, а напряжение на его аноде увеличивается. Ток заряда конденсатора C_3 создает на резисторах R_6 и R_5 падение напряжения, еще больше отпирающее правый триод, что ведет к появлению сеточных токов и включению в цепь заряда промежутка сетка — катод этого триода и резистора R_4. В результате заряд конденсатора C_3 происходит значительно быстрее, чем его разряд.

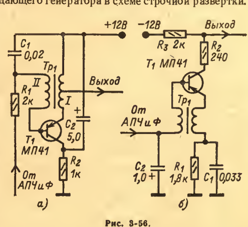


Рис. 3-56.

По мере заряда конденсатора C_3 сеточный и анодный токи правого триода уменьшаются, что приводит к уменьшению падения напряжения на резисторе R_4 и к отпиранию левого триода в момент t_2. При этом конденсатор C_3 начинает раз-

ряжаться через левый триод, а образующееся за счет его разряда падение напряжения на резисторах R_6 и R_5 еще больше запирает правый триод. Это приводит к тому, что процесс запирания правого и отпирания левого триода происходит скачком (лавинообразно). После того как правый триод запирается, конденсатор C_3 начинает разряжаться через резисторы R_6 и R_5 и весь процесс повторяется. Длительность интервала $t_2 - t_3$ зависит от емкости конденсатора C_3 и сопротивления резисторов R_6 и R_5. На длительность интервала $t_1 - t_2$ в основном влияют емкость конденсатора C_3 и сопротивление резистора R_4. Частота колебаний в мультивибраторе стабилизируется контуром L_1C_2 так же, как и в блокинг-генераторе. Синхронизация осуществляется подачей отрицательных импульсов на сетку триода (левого на рис. 3-57), который запирается в конце периода, соответствующего длительности одной строки телевизионного стандарта. Напряжение пилообразно-импульсной формы, необходимое для управления оконечным каскадом строчной развертки, формируется в цепи из конденсатора C_4 и резистора R_8.

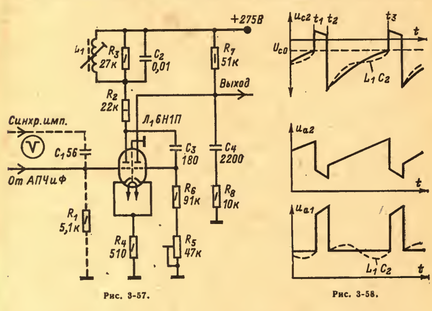


Рис. 3-57. Рис. 3-58.

Существуют несимметричные мультивибраторы с сеточно-анодной RC-связью правого и левого триодов. В таких мультивибраторах резистор R_4 отсутствует, а постоянная времени указанной RC-цепи выбирается такой, чтобы интервал $t_1 - t_2$ был меньше интервала $t_2 - t_3$, т. е. форма вырабатываемых импульсов была несимметричной. Роль одного триода в таких мультивибраторах может выполнять лампа оконечного каскада строчной или кадровой развертки. Такие схемы используются в удешевленных моделях телевизоров, так как из-за комбинированного включения некоторые параметры оконечного каскада ухудшаются.

Оконечный каскад строчной развертки на лампах нагружен на строчные отклоняющие катушки *КС*, подключенные к выходному трансформатору *ТВС*. Чтобы создать магнитное поле, необходимое для отклонения луча, в современных кинескопах через строчные отклоняющие катушки нужно пропустить пилообразный ток амплитудой до 2—2,5 А. Для создания такого тока в оконечных каскадах применяют лампы 6П13С, 6П31С и 6П36С ($Л_1$ на рис. 3-59, *а*). Пилообразно-импульсное напряжение, сформированное в цепи задающего генератора подается

через конденсатор C_1 на управляющую сетку лампы $Л_1$. В анодную цепь этой лампы включен унифицированный выходной трансформатор *ТВС*. Строчные отклоняющие катушки *КС* подключены к части витков обмотки этого трансформатора.

Демпфирующий диод. Для повышения к. п. д. генератора развертки энергия собственных колебаний контура, образованного трансформатором *ТВС* со всеми подключенными к нему цепями и междувитковыми и монтажными емкостями, используется для увеличения амплитуды пилообразного тока. Делается это с помощью диода $Л_2$, который гасит собственные колебания этого контура. Дополнительное напряжение, возникающее при этом на конденсаторе C_3, складывается с напряжением питания цепи анода лампы $Л_1$. При повышенном напряжении на аноде этой лампы улучшается линейность, получается больший размах пилообразного тока в отклоняющих катушках.

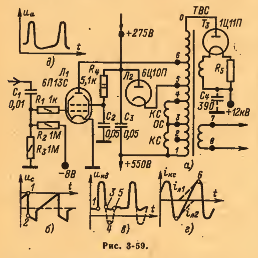


Рис. 3-59.

При увеличении тока через лампу $Л_1$ во время прямого хода луча по строке в трансформаторе *ТВС* накапливается магнитная энергия. Обратный ход начинается с запирания лампы $Л_1$ (рис. 3-59, *а*), ток через которую резко прекращается. При этом исчезающее магнитное поле становится источником затухающих электрических колебаний в контуре, образованном индуктивностью обмотки трансформатора *ТВС* отклоняющей системы и паразитной распределенной емкостью цепи. Колебательный процесс продолжается только полпериода (*1—3* на рис. 3-59, *в*), до тех пор, пока напряжение на катоде диода $Л_2$ станет отрицательным по отношению к его аноду и в цепи, состоящей из диода $Л_2$, части обмотки *1—5* и конденсатора C_3, возникает ток, который и заряжает этот конденсатор.

Высоковольтный выпрямитель. При быстрых изменениях тока во время обратного хода луча по строке на первичной обмотке трансформатора *ТВС* возникают положительные импульсы напряжения, достигающие нескольких киловольт (рис. 3-59, *д*). Эти импульсы используются для получения высокого напряжения, питающего анод кинескопа. С этой целью напряжение импульсов увеличивается с помощью повышающей секции первичной обмотки *6—0* и они заряжают конденсатор C_4 через высоковольтный кенотрон $Л_3$.

Выходной каскад строчной развертки на транзисторе, применяемый в переносных телевизорах, работает по принципу симметричного ключа (рис. 3-60, *а*), в качестве которого используется мощный транзистор T_1 с достаточно большой граничной частотой передачи тока, способный выдерживать импульсные токи до 5—8 А и обратные импульсные напряжения до 150 В и при этом имеющий небольшое сопротивление в состоянии насыщения. Так как транзистор T_1 проводит ток лишь в одном направлении, то для получения симметричной вольт-амперной характеристики ключа в схему добавлен диод $Д_1$, который является также демпферным. Управление транзистором T_1 производится подачей в цепь его базы через трансформатор $Тр_1$ прямоугольных импульсов напряжения от промежуточного усилителя. В момент t_2 (рис. 3-60, *б*) транзистор T_1 запирается. Из-за резкого прекращения тока в контуре, образованном индуктивностью трансфор-

матора $Тр_2$, строчных отклоняющих катушек *КС* и конденсаторов C_1 и C_2, возникают синусоидальные колебания. Через половину периода этих колебаний в момент t_3 ток в индуктивной ветви контура изменит направление, что приведет к отпиранию диода $Д_1$, который демпфирует колебания (пунктир на рис. 3-60, *в*).

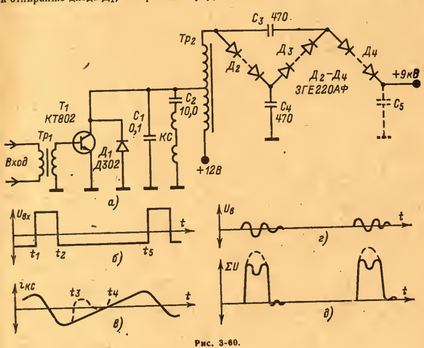


Рис. 3-60.

В момент t_3 диод $Д_1$ открыт, когда ток в индуктивной ветви контура и в строчных отклоняющих катушках изменяется почти линейно. В момент t_4 этот ток изменяет направление и начинает протекать не через диод $Д_1$, а через транзистор T_1.

Высокое напряжение для питания второго анода кинескопа в современных переносных телевизорах на транзисторах составляет 6-15 кВ. Это означает, что при допустимой амплитуде импульса обратного хода на коллекторе транзистора T_1 80—140 В коэффициент трансформации трансформатора относительно повышающей обмотки должен быть около 100. При этом и число витков, и паразитная емкость повышающей обмотки будут очень большими. Уменьшив оба этих параметра до допустимых пределов, получить требуемое высокое напряжение удается, применяя выпрямитель по схеме с утроением напряжения на селеновых столбах (рис. 3-60). В некоторых телевизорах старых конструкций в качестве вентилей применяли кенотроны; при этом трансформатор $Тр_2$ должен был иметь дополнительную обмотку накала.

Чтобы облегчить режим работы транзистора T_1 по пробивному напряжению, контур, образованный повышающей обмоткой и ее паразитными емкостями, настраивают на третью гармонику частоты колебаний во время обратного хода. Колебания напряжения с частотой третьей гармоники (рис. 3-60, *г*) трансформируются из повышающей обмотки трансформатора $Тр_2$ в его первичную обмотку, складываются с импульсами на коллекторе транзистора T_1 и понижают их амплитуду (рис. 3-60, *д*).

Стабилизация строчной развертки

Стабилизация строчной развертки устраняет влияние колебаний напряжения питающей сети, изменения параметров ламп и нагрузки выпрямителя высокого напряжения на размер изображения по горизонтали и на величину высокого ускоряющего напряжения для питания кинескопа. Между током в строчных отклоняющих катушках и импульсом напряжения на них, возникающего во время обратного хода, существует жесткая зависимость. Поэтому в широко применяемых системах стабилизации строчной развертки используется принцип автоматического регулирования режима генератора и развертки в зависимости от импульсного напряжения на обмотках ТВС. Изменяя напряжение смещения

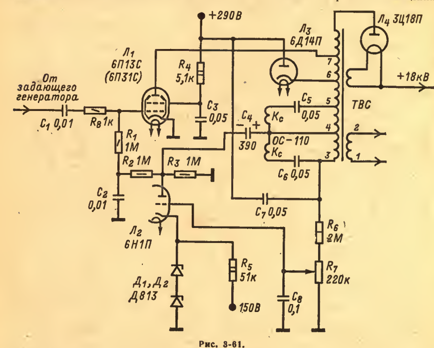


Рис. 3-61.

на управляющей сетке лампы оконечного каскада в пределах 30—70 В, удается воздействовать на ее крутизну, отсекать часть напряжения раскачки и тем самым изменять выходную мощность и ток в отклоняющих катушках.

В простейшей цепи стабилизации импульсное напряжение с обмотки ТВС выпрямляется и используется для создания указанного смещения. Однако чувствительность и глубина регулирования в такой цепи оказываются очень низкими, так как импульсное напряжение амплитудой 30—70 В при нестабильности в 10% изменяется всего на 3—7 В, что явно недостаточно для хорошей компенсации такой нестабильности. Повысить чувствительность можно, применив усилитель в цепи регулирования. Однако такие устройства сложны и критичны в налаживании. Поэтому с обмотки ТВС снимают большое импульсное напряжение и выпрямляют лишь его часть, в которой изменения из-за нестабильности велики. В качестве выпрямителя с большой отсечкой используют запертый стабильным напряжением триод или нелинейное сопротивление — варистор.

Цепь стабилизации строчной развертки с триодом (рис. 3-61) можно применить в телевизоре, если у радиолюбителя нет варисторов. На анод триода $Л_2$ через конденсатор C_4 с обмотки ТВС подаются положительные импульсы обратного хода. Триод заперт положительным напряжением, приложенным к катоду и снимаемым со стабилитронов $Д_1$ и $Д_2$. Благодаря этому анодный ток триода появляется с большой отсечкой, т. е. лишь при большом напряжении на его аноде. В результате по цепи анода триод отпирается вершинами импульсов обратного хода, амплитуда которых сильно изменяется при изменении выходной мощности. Конденсатор C_4 заряжается этими вершинами в полярности, показанной на рис. 3-61. Отрицательное напряжение снимается с конденсатора C_4 и через фильтр R_2C_2 подается на управляющую сетку лампы $Л_1$ оконечного кас-

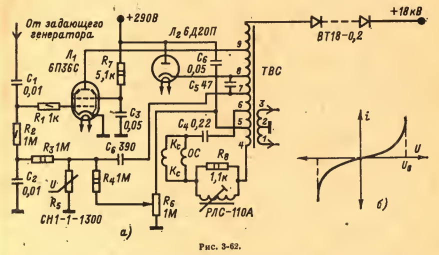


Рис. 3-62.

када строчной развертки. Если выходная мощность по какой-либо причине увеличивается, то отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_1$ тоже увеличивается, что приводит к понижению выходной мощности. При уменьшении выходной мощности отрицательное напряжение уменьшается и лампа $Л_1$ переводится в режим, при котором она развивает большую выходную мощность.

Для повышения чувствительности схемы на управляющую сетку триода $Л_2$ подана часть напряжения вольтодобавки, которое увеличивается при увеличении выходной мощности; напряжение между катодом и сеткой триода $Л_2$ уменьшается, что ведет к уменьшению отсечки анодного тока и к еще большему увеличению отрицательного напряжения на конденсаторе C_4 и на управляющей сетке лампы $Л_1$. При этом изменения выходной мощности компенсируются эффективнее. Так как для создания необходимой отсечки анодного тока триод $Л_2$ заперт стабилизированным напряжением, то при изменении напряжения питающей сети выходная мощность почти не меняется и поддерживается на установленном уровне. При помощи переменного резистора R_7 можно регулировать запирающее триод $Л_2$ напряжение и, устанавливая ту или иную отсечку анодного тока, изменять отрицательное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_1$ и отдаваемую ею выходную мощность.

Схема стабилизации строчной развертки с варистором (рис. 3-62). Принцип работы этой схемы аналогичен схеме на рис. 3-61, с той лишь разницей, что вместо триода в качестве нелинейного элемента используется варистор, а в высоковольтном выпрямителе работает селеновый столб. При малом приложенном на-

пряженнн сопротнвленне варнстора велико н лншь прн некотором определенном напряженнн $U_в$ резко уменьшается (рнс. 3-62, *б*).

В схеме на рнс. 3-62, *а* на варнстор R_5 через конденсатор C_6 с обмоткн ТВС подаются нмпульсы обратного хода положительной полярностн. Сопротнвленне варнстора СН1-1-1300 уменьшается прн большом прнложенном напряженнн, поэтому конденсатор C_6 заряжается вершннамн нмпульсов обратного хода. В результате прн нзмененнях выходной мощностн отрнцательное напряженне, снимаемое с этого конденсатора на управляющую сетку лампы $Л_1$, снльно меняется, что прнводнт к глубокой компенсацнн указанных нзмененнй. С переменного резнстора R_6 через постоянный резнстор R_4 на варнстор подается положнтельное напряженне, что позволяет нзменять отрнцательное напряженне на управляющей сетке лампы $Л_1$ и устанавливать требуемую выходную мощность и необходимый размер нзображеиня по горнзонталн.

Автоматическая подстройка частоты и фазы строчной развертки

Прн прнеме слабых снгналов внутреннне шумы телевнзора и импульсные помехи накладываются на сннхроннзирующне импульсы н могут нзменнть их форму и амплнтуду. В результате вертнкальные лнннн в прннятом изображенин будут выглядеть нзломаннымн, а четкость нзображення будет поннжена. Искаження кадровых снвхронмпульсов меньше сказываются на качестве изображе-

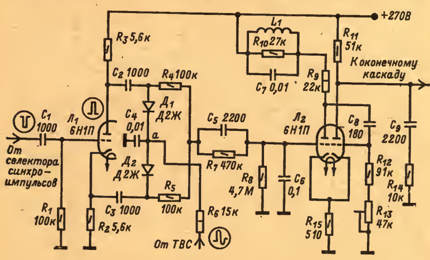


Рис. 3-63.

ння, так как помехн отфнльтровываются ннтегрнрующей цепью, формнрующей нмпульсы для снихроннзацин задающего генератора. Для улучшення качества нзображення прнменяют помехоустойчнвые цепн снихроннзацнн строчной развертки, работающне по прннцнпу автоматнческой подстройки частоты н фазы (АПЧиФ) задающего генератора. В таких цепях в результате сравнения частоты и фазы снихронмпульсов с частотой и фазой импульсов от генератора разверткн вырабатывается напряженне, управляющее частотой задающего генератора. В результате частота колебаний задающего генератора поддержнвается равной частоте прнходящнх снихронмпульсов.

Схема АПЧиФ (рис. 3-63) содержит фазовый дискриминатор на диодах $Д_1$ и $Д_2$, вырабатывающий напряжение, пропорциональное разности фаз синхроимпульсов, снимаемых с резисторов R_2 и R_3 нагрузки фазоинвертора на лампе $Л_1$ и пилообразного напряжения от генератора развертки, сформированного цепью R_6C_4. Выработанное напряжение через фильтр $R_7C_5C_6$ подается на сетку лампы задающего генератора и управляет его частотой. Если синхроимпульсы появляются в тот момент, когда пилообразное напряжение проходит через нулевое значение (рис. 3-64, *а*), то конденсаторы C_2 и C_3 заряжаются через открывающиеся диоды до одинаковых напряжений u_1 и u_2. В промежутках времени между синхроимпульсами конденсаторы C_2 и C_3 медленно разряжаются соответственно через резисторы R_3, R_4, R_7, R_8 и R_2, R_5, R_7, R_8. В результате через резистор R_8 текут одинаковые и противоположные по знаку токи и падение напряжения на нем оказывается равным нулю.

Если частоты и фазы синхроимпульсов и импульсов генератора развертки не совпадают, то синхроимпульсы появляются не в тот момент, когда пилообразное напряжение в точке *а* на схеме рис. 3-63 проходит через нуль. В результате при частоте генератора ниже нормальной (рис. 3-64, *б*) диод $Д_1$ подотпирается частью пилообразного напряжения, а диод $Д_2$ подзапирается. При этом конденсатор C_2 заряжается до большего напряжения, чем конденсатор C_3. Токи разряда этих конденсаторов не компенсируют друг друга, и на резисторе R_8 появляется падение напряжения, которое поступает на сетку $Л_2$ задающего генератора и изменяет его частоту так, чтобы свести к нулю разность фаз синхроимпульсов и колебаний генератора развертки. При частоте генератора выше нормальной (рис. 3-64, *в*) падение напряжения на резисторе R_8 имеет другой знак, и частота задающего генератора понижается.

Рис. 3-64.

В одной из часто применяемых разновидностей схем АПЧиФ роль фазоинвертора выполняет импульсный трансформатор (рис. 3-65, *а*). В другой схеме (рис. 3-65, *б*), рассчитанной на работу с синхроимпульсами одной полярности, диоды $Д_1$ и $Д_2$ включены навстречу друг другу и заряжают конденсатор C_3. Пилообразное напряжение приложено к резисторам R_1 и R_2 и делится на них и диодах $Д_1$, $Д_2$ поровну. Если синхроимпульсы появляются в тот момент, когда пилообразное напряжение проходит через нулевое значение, то заряд конденсатора C_3 равен нулю. Когда частота задающего генератора отличается от частоты синхроимпульсов, напряжение на одном диоде, полученное путем суммирования части пилообразного напряжения с синхроимпульсом, уменьшается, а на другом диоде — увеличивается. В результате в зависимости от знака отклонения частоты и фазы конденсатор C_3 заряжается напряжением той или иной полярности. Это напряжение через фильтр $R_3R_4C_4C_6$ подается на сетку лампы задающего генератора и управляет его частотой.

Фильтр на выходе схемы АПЧиФ подавляет импульсные помехи и шумы и исключает проникновение их в цепи задающего генератора. При большой постоянной времени этого фильтра полоса схватывания схемы АПЧиФ сужается. В этом случае при значительном отличии частоты задающего генератора от частоты синхроимпульсов автоматическое регулирование становится невозможным и частоту задающего генератора приходится подстраивать вручную. При малой посто-

яиной времени указанного фильтра полоса схватывання шире, но увеличивается вероятность проиникновеиия помех в цепи задающего генератора. От параметров цепи R_6C_4 (см. рис. 3-63), формирующей пилообразиое напряжение, зависит сдвиг изображения по горизонтали в пределах полосы схватывания. Если изображение сдвинуто вправо и правый его край завериут, то постоянную времени этой цепи иадо уменьшить. При сдвиге изображения влево постоянную времеии надо увеличить.

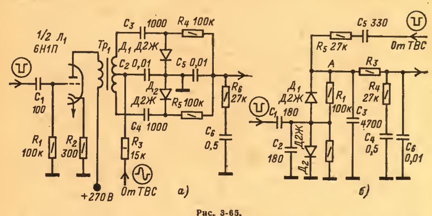


Рис. 3-65.

Схемы АПЧиФ, широко примеияемые в траизисторных телевизорах, не отличаются от схем иа рис. 3-63 и 3-65. Из-за высокого уровня помех в переносных телевизорах постояниую времени фильтра на выходе цепи АПЧиФ делают большой, а для расширения полосы схватывання в некоторых случаях между цепью АПЧиФ и задающим генератором включают УПТ.

Генераторы кадровой развертки

Генераторы кадровой развертки на лампах. Пилообразный ток, образующий магнитное поле в катушках ОС для создания движения луча кинескопа по экрану сверху вниз, имеет частоту 50 Гц. Этот ток вырабатывает генератор кадровой развертки (рис. 3-66, *а*), который содержит задающий генератор н оконечный каскад.

В качестве задающего генератора обычно используется блокинг-генератор. В нем сильная положительная обратная связь из анодной цепи в сеточную создается унифицированным трансформатором $Тр_1$ типа БТК. Требуемая частота следоваиия импульсов блокииг-генератора устанавливается с помощью переменного резистора R_4. На конденсаторах C_5 и C_6 образуется пилообразное напряжение (рис. 3-66, кривая *3*).

Анодная цепь блокииг-генератора подключена к конденсатору C_{14}, на который от генератора строчной развертки подается напряжение более 550 В. Цепь из резистора R_{21} и конденсаторов C_{13} и C_{14} предотвращает проникновение пульсаций напряжения с частотой строк в анодную цепь блокинг-генератора кадровой развертки. Через конденсатор C_{15} на управляющий электрод кинескопа подается импульс, запирающий электронный луч во время обратного хода кадровой развертки.

В блокинг-генераторе кадровой развертки можно использовать унифицированный трансформатор типа БТК со следующими данными: магнитопровод Ш12 × 12, обмотка *I* — 1500, обмотка *II* — 3000 витков ПЭЛ 0,08; трансформатор заключен в стальной экран.

Пилообразное напряжение из анодной цепи блокинг-генератора подается на делитель напряжения из резисторов $R_8 - R_{13}$. Амплитуда напряжения, поступающего на управляющую сетку пентода оконечного каскада, и, следовательно, вертикальный размер растра на экране плавно меняются с помощью переменного резистора R_5. Конденсатор C_7 облегчает прохождение ВЧ составляющих кадрового пилообразного напряжения. Пилообразное напряжение (кривая *3* на рис. 3-66) на управляющей сетке пентода с помощью цепи из конденсатора C_7 и резисторов R_9R_{10} преобразуется в пилообразно импульсное (кривая *4*). Отри-

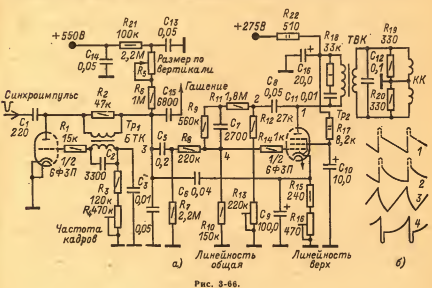


Рис. 3-66.

цательные импульсы этого напряжения используются для запирания лампы оконечного каскада и резкого изменения отклоняющего пилообразного тока с целью обеспечения обратного хода кадровой развертки.

Линейный пилообразный ток в кадровых отклоняющих катушках можно получить, либо применив выходной трансформатор кадров (ТВК) с очень большой индуктивностью первичной обмотки, либо используя напряжение такой формы, чтобы ток был линеен при не столь уж большой индуктивности этой обмотки. Напряжение, которое надо подать для этого на управляющую сетку пентода, должно иметь форму параболы с вершиной, обращенной вниз (кривая *2* на рис. 3-66, *б*).

Для получения необходимой линейности пилообразного тока на управляющую сетку пентода из ее анодной цепи через цепь, состоящую из конденсатора C_8 и резисторов $R_9 - R_{13}$, подается напряжение ООС, содержащее параболическую составляющую. Глубина обратной связи регулируется переменным резистором R_{13} до получения равномерного (без сгущений и разрежений) расположения строк растра. Улучшение линейности достигается также использованием кривизны характеристики пентода при соответствующем выборе рабочей точки на ее характеристике (рис. 3-67). На управляющую сетку подается отрицательное напряжение с резисторов R_{15} и R_{16} в цепи автоматического смещения.

Генератор тока кадровой развертки через унифицированный трансформатор $Тр_2$ (тип ТВК) нагружен кадровыми отклоняющими катушками *КК* отклоняющей системы. Резисторы R_{19}, R_{20} шунтируют каждую из кадровых катушек и

служат для устранения «волнистости» и искривления строк, которые могут появиться из-за возникновения колебаний в обмотках трансформатора $Тр_2$ во время обратного хода луча. Первичная обмотка трансформатора $Тр_2$ шунтирована цепью из резистора R_{18} и конденсатора C_{11}, уменьшающей импульсы напряжения на этой обмотке во время обратного хода по кадру и предотвращающей пробой изоляции между обмотками трансформатора. Для устранения проникновения пульсаций напряжения кадровой частоты в цепь источника анодного питания в схеме предусмотрена развязывающая ячейка из резистора R_{22} и конденсатора C_{16}.

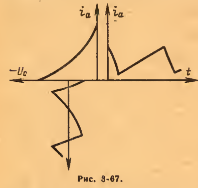


Рис. 3-67.

Генераторы кадровой развертки на транзисторах. Они обычно состоят из задающего генератора, промежуточного усилителя и оконечного каскада (рис. 3-68). В качестве задающего генератора используется блокинг-генератор. Параметры трансформатора и элементов цепи выбираются такими, чтобы обеспечить требуемую частоту и длительность обратного хода развертки. Пилообразное напряжение формируется цепью $R_{15}C_1$ (рис. 3-68). Чтобы относительно низкое входное сопротивление оконечного каскада не шунтировало эту цепь и не ухудшило линейность пилообразного напряжения, перед оконечным каскадом включен промежуточный усилитель на транзисторе T_2. Благодаря этому амплитуду пилообразного напряжения, являющегося частью экспоненты на конденсаторе C_1, можно сделать небольшой и достаточно линейной. Диод $Д_1$ защищает эмиттерный переход транзистора T_1 от отрицательных выбросов напряжения на обмотке трансформатора $Тр_1$.

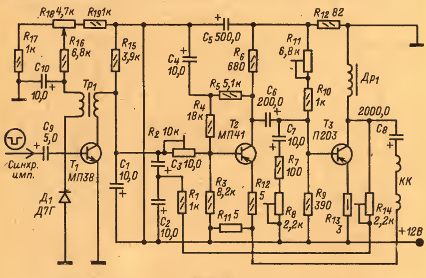


Рис. 3-68.

Особенностью оконечного каскада на транзисторе T_3 является подключение кадровых отклоняющих катушек *КК* через конденсатор C_8 к коллекторной цепи этого транзистора, работающего в схеме с ОЭ. Дроссель $Др_1$ обеспечивает параллельное питание коллекторной цепи транзистора T_3. Так же как и в схеме на рис. 3-66, в цепи $R_1R_{14}C_2$ (рис. 3-68) формируется напряжение параболической формы, которое подается на вход промежуточного усилителя для создания ООС и улучшения линейности тока в кадровых отклоняющих катушках. Благодаря ООС из цепи этих катушек в цепь эмиттера транзистора T_2 (через резисторы R_{11} и R_{12}) амплитуда отклоняющего тока мало зависит от прогрева деталей.

Стабилизация кадровой развертки

Стабилизация кадровой развертки особенно необходима в телевизоре с взрывобезопасным кинескопом, имеющим прямоугольный экран с соотношением сторон 4 : 5. Так как согласно принятому стандарту передается изображение с соотношением сторон 3 : 4, то при совпадении верхней и нижней его кромок с соответствующими границами экрана указанных кинескопов боковые кромки изображения располагаются за боковыми границами экрана и часть изображения пропадает. Если не применять стабилизации, то с целью компенсации возможного уменьшения размеров растра из-за падения напряжения сети, прогрева деталей и старения ламп придется увеличить размер изображения

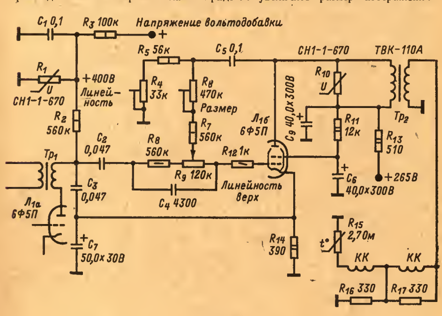


Рис. 3-69.

по вертикали и пропорционально еще больше увести боковые кромки изображения за пределы экрана кинескопа и потерять еще большую часть изображения.

Размер изображения по вертикали может изменяться из-за изменения амплитуды пилообразного напряжения на выходе задающего генератора (это происходит в результате изменения напряжения питания зарядной цепи, крутизны

лампы при ее старении и напряжения накала), а также из-за изменения параметров лампы оконечного каскада. Кроме того, амплитуда пилообразного тока в кадровых отклоняющих катушках может изменяться в результате изменения сопротивления этих катушек и обмоток ТВК при нагреве. В телевизорах с кинескопами, имеющими угол отклонения луча 110°, к отклоняющим катушкам подводится большая мощность. Это приводит к сильному нагреву катушек и заставляет принимать дополнительные меры для стабилизации размера изображения по вертикали.

Один из вариантов схемы стабилизированной кадровой развертки приведен на рис. 3-69. Для того чтобы размер изображения по вертикали не зависел от перечисленных выше причин, в схему введен ряд цепей и элементов, уменьшающих влияние дестабилизирующих факторов. Повышение стабильности блокинг-генератора достигается благодаря включению варистора R_1, который стабилизирует напряжение питания зарядной цепи R_2C_3. Этим самым не только стабилизируется амплитуда пилообразного напряжения на конденсаторе C_3, но и улучшается стабильность частоты блокинг-генератора.

Цепь ООС C_5R_4 — R_7 с анода на управляющую сетку и ООС по постоянному току за счет цепи автоматического смещения $R_{14}C_7$ стабилизируют режим лампы $Л_{16}$ и уменьшают влияние старения этой лампы и изменений питающего напряжения на мощность, отдаваемую этим каскадом в нагрузку. Варистор R_{10} используется для ограничения большого импульсного напряжения, возникающего на первичной обмотке трансформатора $Тр_2$ во время обратного хода, и стабильности развертки не улучшает.

Возрастание сопротивления отклоняющих катушек $КК$ при нагреве компенсируется благодаря включению терморезистора R_{15}. Этот терморезистор расположен внутри отклоняющей системы и нагревается вместе с катушками $КК$. При нагреве сопротивление терморезистора уменьшается. В результате сопротивление всей цепи, подключенной ко вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$, изменяется мало и ток в отклоняющих катушках практически не уменьшается.

Блок разверток

Блок разверток лампового телевизора. В качестве примера компоновки отдельных схем и узлов приводится полная схема блока развертки унифицированного лампового телевизора УЛТ-61 промышленного производства (рис. 3-70).

Блок содержит амплитудный селектор импульсов синхронизации на пентоде $Л_{402}$, усилитель-ограничитель кадровых и фазоинвертор строчных синхроимпульсов на триоде $Л_{402}$, задающий блокинг-генератор и оконечный каскад кадровой развертки соответственно на триоде и пентоде лампы $Л_{401}$, цепь АПЧиФ и задающий — мультивибратор строчной развертки, в которых работают диоды $Д_{402}$ и $Д_{403}$ и лампа $Л_{403}$, и цепь формирования гасящих импульсов на лампе $Л_{404}$.

Оконечный каскад строчной развертки на лампе $Л_{501}$ с демпфером $Л_{502}$ и высоковольтным кенотроном $Л_{503}$ монтируется отдельно на шасси телевизора.

Триод $Л_{402}$ является усилителем-ограничителем для кадровых синхроимпульсов. Его нагрузка для этих импульсов состоит из резисторов R_{433} и R_{432}. Эти синхроимпульсы формируются цепью $R_{433}C_{435}R_{427}C_{417}R_{419}C_{404}$ и подаются на сетку триода $Л_{401}$ блокинг-генератора кадров. Его зарядная цепь $R_{402}C_{411}$ питается стабилизированным напряжением, снимаемым с варистора R_{517}. Варистор R_{416} ограничивает импульс напряжения обратного хода, возникающего на первичной обмотке трансформатора $Тр_{503}$. Напряжение на ускоряющий электрод кинескопа снимается с выпрямителя с селеновым столбом $Д_{401}$, который питается импульсами напряжения, поступающими через конденсатор C_{438}. Благодаря этому осуществляется автоматическое гашение луча кинескопа при выходе из строя генератора кадровой развертки.

Пилообразное напряжение для схемы АПЧиФ строчной развертки формируется цепью $R_{438}C_{424}$ из импульсов обратного хода, снимаемых с дополнительной обмотки трансформатора Tp_{501}. Частота мультивибратора на лампе $Л_{403}$ стабилизирована контуром $L_{401}C_{429}$. Для улучшения условий самовозбуждения на сетку правого по схеме триода через конденсатор C_{408} подается напряжение положительной *ОС* с обмотки *2—3* трансформатора Tp_{501}. Описание работы цепи стабилизации размера растра по горизонтали см. на стр. 223. Импульс отрицательной полярности с обмотки *5—6* трансформатора Tp_{503} подается на модулятор кинескопа через резистор R_{410} и конденсатор C_{420} и гасит луч во время обратного хода по кадру. Для гашения луча во время обратного хода по строкам на модулятор кинескопа через правый по схеме диод $Л_{404}$ подаются также отрицательные импульсы с обмотки *1—2* трансформатора Tp_{501}. Левый диод $Л_{404}$ устраняет положительные выбросы в гасящих импульсах, которые могут подсветить луч во время прямого хода по строкам и кадру. Так как скорость луча на краях экрана кинескопа 61ЛК1Б больше, изображение сжимается в центре и растягивается на краях. Для компенсации этих искажений скорость нарастания пилообразного тока в начале и в конце периода должна замедляться (кривая должна иметь форму буквы *S*). Резисторы R_{403}, R_{404} с конденсаторами C_{407} и C_{507} обеспечивают необходимую форму тока в отклоняющих катушках. Через разъем КП-4 к трансформаторам Tp_{501} (ТВС-110А) Tp_{503} (ТВК-110А) подключаются катушки отклоняющей системы ОС-110А. Трансформатор Tp_{401}— типа БТКП.

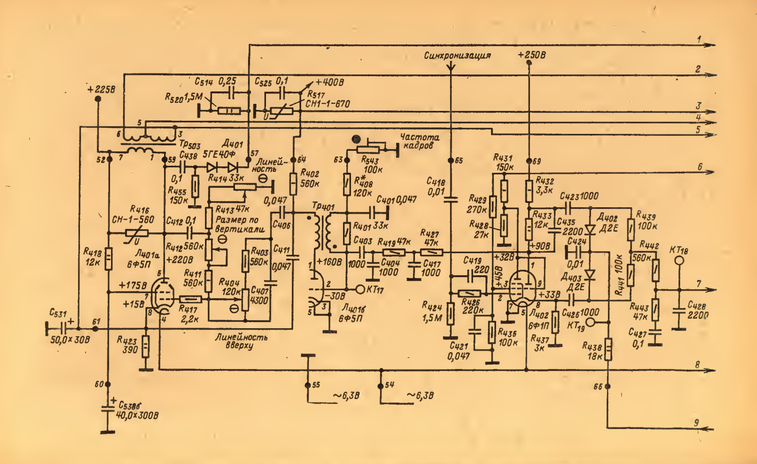
Трансформатор Tp_{503} имеет ленточный магнитопровод сечением 16×20 мм; обмотки содержат 3400 витков ПЭВ-2 0,16 и $210 + 170$ витков ПЭВ-2 0,8 и ПЭВ-2 0,16 соответственно. Вместо ленточного магнитопровода можно применить Ш-образный подходящего сечения.

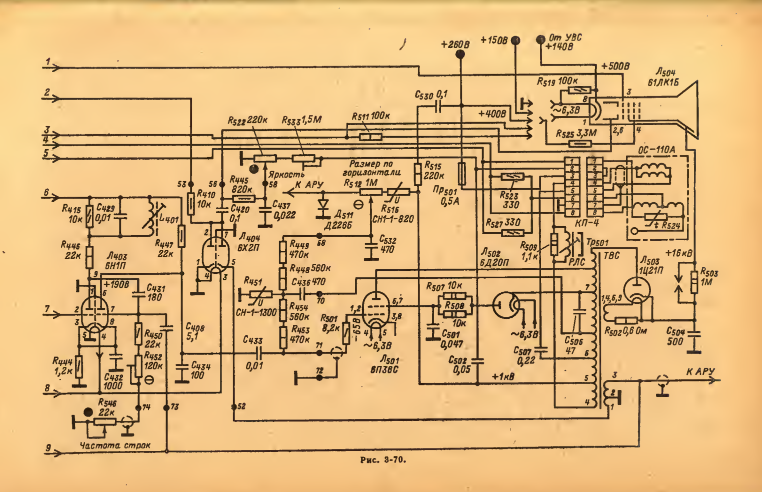
Блок разверток транзисторного телевизора. Примером компоновки цепей и узлов на транзисторах может служить блок развертки телевизора ППТ-23-2, получившего большое распространение.

Блок содержит задающий блокинг-генератор на транзисторе T_{23} (рис. 3-71) промежуточный усилитель на T_{24} и T_{25} и выходной каскад на T_{26} кадровой развертки, задающий блокинг-генератор на T_{27}, промежуточный согласующий каскад на T_{28} и выходной каскад на T_{29} строчной развертки.

Генератор кадровой развертки. Пилообразное напряжение кадровой развертки, полученное на конденсаторе C_{108} после эмиттерного повторителя T_{24}, через резистор R_{133} поступает на базу транзистора T_{25}, где находится цепь регулировки линейности $C_{110}R_{131}R_{132}$, которая добавляет к этому напряжению параболическую составляющую. Сформированное напряжение из коллекторной цепи транзистора T_{25} поступает через конденсатор C_{112} на базу транзистора T_{26}, включенного по схеме с ОЭ. Режим этого транзистора устанавливается резисторами R_{139}, R_{140}, R_{141}, R_{144}, R_{147} и стабилизируется терморезистором R_{143}. Кадровые катушки отклоняющей системы включены в цепь коллектора транзистора T_{26} через конденсатор C_{114}, с которого также в цепь эмиттера транзистора T_{25} подается напряжение отрицательной обратной связи. Варистор R_{146} ограничивает импульсное напряжение на коллекторе транзистора T_{26} и на первичной обмотке трансформатора Tp_3. Со вторичной обмотки трансформатора Tp_3 снимаются отрицательные импульсы, которые после формирования цепочкой $R_{148}R_{150}C_{117}C_{116}$ и добавления к ним строчных импульсов с обмоток *1—2* трансформатора Tp_6 подаются на модулятор кинескопа для гашения луча во время обратного хода по кадрам и строкам.

Генератор строчной развертки. Для повышения стабильности задающего блокинг-генератора в цепь базы транзистора T_{27} включен контур $L_{73}C_{127}$, настроенный на частоту 18 кГц. В цепь базы этого транзистора от схемы АПЧиФ с диодами $Д_{16}$ и $Д_{17}$ через фильтр $R_{158}R_{159}C_{124}R_{162}C_{125}$ подается регулирующее напряжение. Частота строк регулируется изменением режима T_{27} при помощи потенциометров R_{155} и R_{161}. Положительные импульсы строчной частоты из коллекторной цепи транзистора T_{27} подаются на базу транзистора T_{28}, работаю-


Синхронизация
+250В
+225В
+400В
C514 0,25
C525 0,1
R520 1,5М
R517 СН1-1-670
Тр503
Д401 5ГЕ40Ф
C438 0,1
R455 150к
R414 33к
Линейность
R402 560к
R413 47к
Размер по вертикали
R416 СН-1-560
C412 0,1
R412 560к
+220В
R418 12к
Л401а 6Ф5П
+175В
+15В
R411 560к
R404 120к
R403 560к
C407 4300
C406 0,047
C411 0,047
R417 2,2к
C531 50,0×30В
R423 390
Линейность вверху
C538б 40,0×300В
Тр401
+160В
-30В
КТ17
Л401б 6Ф5П
R543 100к
Частота кадров
R*408 120к
C401 0,047
R401 33к
C403 1000
R419 47к
C404 1000
R427 47к
C417 1000
C418 0,01
R424 1,5М
C421 0,047
C419 220
R426 220к
R436 100к
R431 150к
R429 270к
R428 27к
R432 3,3к
R433 12к
C435 2200
+90В
+32В
+45В
+33В
Л402 6Ф1П
R437 3к
C423 1000
Д402 Д2Е
C424 0,01
Д403 Д2Е
C426 1000
КТ19
R438 18к
R439 100к
R441 100к
R442 560к
R443 47к
C427 0,1
КТ18
C428 2200
~6,3В
~6,3В



+260В
+150В
От УВС +140В
+500В
Л504 61ЛК1Б
R519 100к
C530 0,1
~6,3В
+400В
R522 220к
R533 1,5М
R511 100к
R525 3,3М
ОС-110А
Яркость
R445 820к
К АРУ
R512 1М
Размер по горизонтали
R516 СН1-1-820
R515 220к
Пр501 0,5А
R523 330
R527 330
КП-4
R524
R415 10к
C429 0,01
L401
R410 10к
C420 0,1
C437 0,022
Д511 Д226Б
C532 470
R509 1,1к
РЛС
Тр501
ТВС
+16кВ
R446 22к
Л403 6Н1П
R447 22к
Л404 6Х2П
R449 470к
R448 560к
C436 470
Л502 6Д20П
Л503 1Ц21П
R503 1М
+190В
C431 180
R451 СН-1-1300
R454 560к
R453 470к
R501 8,2к
-65В
Л501 6П36С
R507 10к
R508 10к
C501 0,047
C502 0,05
C507 0,22
C506 47
R502 0,6 Ом
C504 500
R450 22к
R452 120к
C408 5,1
C433 0,01
C434 100
R444 1,2к
C432 1000
R546 22к
Частота строк
+1кВ
К АРУ

Рис. 3-70.

щего в трансформаторном усилителе. Усиленные импульсы через согласующий трансформатор $Тр_5$ подаются на базу транзистора $Т_{29}$ оконечного каскада строчной развертки. Трансформатор $Тр_5$ согласует низкое входное сопротивление транзистора $Т_{29}$ оконечного каскада с цепью коллектора транзистора $Т_{28}$. В эмиттерную цепь транзистора $Т_{29}$ включены: строчные отклоняющие катушки L_{79}, L_{80} с корректирующим конденсатором C_{139} и выходным строчным трансформато-

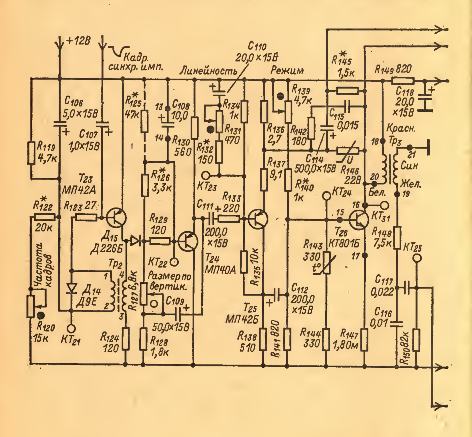


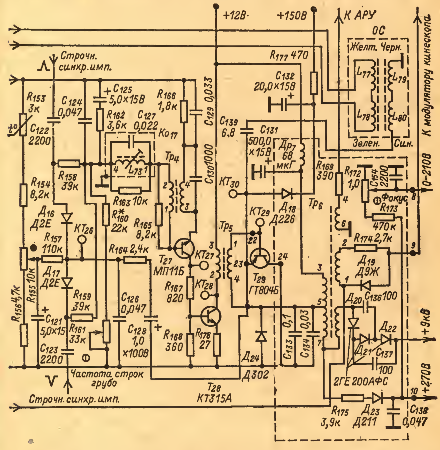
Рис. 3-71.

ром высоковольтного блока $Тр_6$, вырабатывающим напряжения для питания электродов кинескопа и импульсные напряжения для АРУ АПЧиФ и гашения обратного хода строчной развертки; цепь питания видеоусилителя с диодом $Д_{18}$ и конденсатором C_{132}, цепь демпфирования $Д_{24}C_{133}C_{134}$, которая частично предохраняет транзистор $Т_{29}$ при случайных выбросах напряжения на эмиттере. Выпрямитель с диодом $Д_{23}$ служит также для питания цепей ускоряющего и фокусирующего электродов кинескопа.

Высокое напряжение (9 кВ) для питания анода кинескопа вырабатывается в высоковольтном блоке цепью утроения на выпрямительных столбах $Д_{20}$ — $Д_{22}$.

Схема включения кинескопа и узел строчной развертки цветного телевизора на электронных лампах

Схема включения цветных кинескопов 40ЛК2Ц, 59ЛК3Ц и 53ЛК4Ц приведена на рис. 3-72. При ускоряющем напряжении 25 кВ для удовлетворительной фокусировки напряжение на фокусирующем электроде составляет 3—6 кВ.



Переменными резисторами $R_8 — R_{10}$ регулируют начальные токи лучей и устанавливают статический баланс белого для выбранной яркости свечения экрана. Чтобы при регулировке яркости в широких пределах установленное соотношение сохранялось, необходимы различные приращения токов лучей при одинаковом изменении напряжения на катодах. Для этого крутизну характеристик прожекторов делают различной. Изменением напряжения на ускоряющих электродах при помощи потенциометров $R_{20} — R_{22}$ варьируется крутизна характеристик прожекторов и устанавливается динамический баланс белого в широком диапазоне яркости свечения экрана.

Конденсаторы $C_2 — C_4$ шунтированы резисторами $R_5 — R_7$ для передачи постоянной составляющей цветоразностных сигналов. Гашение лучей на время обратного хода осуществляется подачей через конденсаторы $C_5 — C_7$ на ускоряющие электроды отрицательных импульсов. Тумблерами $B_1 — B_3$ отключают регуляторы статического баланса белого и запирают прожекторы кинескопа во время налаживания телевизора.

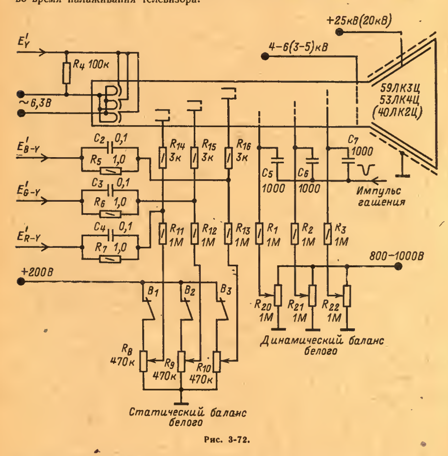


Рис. 3-72.

Узел строчной развертки. В любительских цветных телевизорах можно применить узел строчной развертки с лампой 6П36С в оконечном каскаде (рис. 3-73). Повышенное ускоряющее напряжение и достаточно большую амплитуду тока в строчных катушках отклоняющей системы удается получить включением в цепь демпфирующего диода $Л_3$ большего числа витков анодной обмотки выходного трансформатора. Для этого конденсатор C_{16} присоединяют не к выводам *6* и *7* трансформатора ТВС-90-ЛЦ-2, а к выводу *5*. Ускоряющее напряжение 25 кВ для кинескопов 53ЛК4Ц и 59ЛК3Ц можно получить от выпрямителя $Л_4$ с кенотроном 3Ц16С или 3Ц22С, а напряжение 20 кВ для кинескопа 40ЛК2Ц — используя в выпрямителе кенотрон 1Ц7С и понизив анодное напряжение, питающее узел, до 360 В.

Строчная синхро-низация

Частота строк

Размер строк

К схеме сведения

К схеме коррекции

Фокусировка

Установка ускоряющего напряжения

380–390В

+25кВ

3–6кВ

+1кВ

+200В

+150В

~6,3В

ТВС-90-ЛЦ-2

РЛС-110А

R_{32}–R_{37} по 47М (КЭВ)

Рис. 3-73.

В стабилизаторе ускоряющего напряжения по шунтовой схеме работает лампа $Л_6$. На ее катод со стабилитрона $Л_8$ подано опорное напряжение, которое используется и в схеме стабилизации динамического режима оконечного каскада. Напряжение на сетке $Л_6$, снимаемое с делителя $R_{30} - R_{37}$, меньше, чем на ее катоде, и подобрано так, что внутреннее сопротивление этой лампы оказывается большим, если напряжение на ее аноде меньше 24—25 кВ. Когда это напряжение увеличивается, лампа $Л_6$ открывается и ее внутреннее сопротивление, шунтирующее выходную цепь выпрямителя с кенотроном $Л_4$, понижается. При этом падение напряжения на внутреннем сопротивлении кенотрона $Л_4$ увеличивается, а выходное напряжение поддерживается на установленном уровне.

В выпрямителе фокусирующего напряжения можно использовать лампу 1Ц1С, 1Ц11П или 3Ц18П ($Л_5$). Плавное регулирование этого напряжения осуществляют переменным резистором R_{26}, а грубое — подбором места подключения анода $Л_5$ к отводам обмотки трансформатора $Тр_1$.

Лампа $Л_7$ и стабилитрон $Л_8$ работают в цепи стабилизации динамического режима оконечного каскада. Подогреватели ламп $Л_6$ и $Л_7$ должны питаться от отдельной обмотки трансформатора.

Диоды $Д_3$ и $Д_4$ работают в цепи защиты лампы $Л_2$ в течение времени, необходимого для прогрева катода демпфера, когда напряжение на аноде лампы $Л_2$ отсутствует, а мощность, рассеиваемая на ее экранирующей сетке, может превысить максимально допустимую. В это время на конденсаторе C_{16} нет напряжения вольтодобавки и отрицательное напряжение, получаемое на выходе выпрямителя с диодом $Д_3$, запирает диод $Д_4$ и смещает рабочую точку лампы $Л_2$ в область меньшего тока экранной сетки. По мере прогрева катода $Л_3$ появляется напряжение вольтодобавки, которое через резистор R_{24} поступает на анод диода $Д_4$ и отпирает его. Прямое сопротивление открытого диода $Д_4$ мало, и отрицательное напряжение от выпрямителя с диодом $Д_3$ на управляющую сетку $Л_2$ не поступает. После этого режим $Л_2$ зависит лишь от отрицательного напряжения, поступающего на ее управляющую сетку от схемы стабилизации на лампах $Л_7$ и $Л_8$.

Катодный ток лампы $Л_2$ питает электромагниты для статического сведения лучей и пропускается через кадровые катушки СС для центровки растра по вертикали. С дополнительной обмотки трансформатора $Тр_1$ (выводы *2—3*) снимаются импульсные напряжения, необходимые для схемы сведения лучей.

Строчные катушки ОС подключены к выводам *8* или *9* и *5* трансформатора $Тр_1$ через конденсатор C_{19} и регулятор линейности РЛС-110А. При хорошей линейности отклоняющего тока изображение находится в центре экрана, и центрировать его по горизонтали не нужно. В качестве трансформатора $Тр_1$ можно использовать трансформатор ТВС-110А (на рис. 3-73 его выводы поставлены в скобках). Импульсное напряжение на строчном трансформаторе оказывается промодулированным из-за подключения к нему цепи коррекции подушкообразных искажений. Поэтому импульсы на схему АПЧиФ ($Д_1Д_2$) снимаются через цепь R_6C_6 с анода $Л_1$ мультивибратора.

С целью упрощения узла развертки можно отказаться от стабилизации динамического режима оконечного каскада и исключить лампы $Л_7$ и $Л_8$, резисторы R_{14}, R_{17} и R_{18} и конденсаторы C_{12}, C_{13} и C_{17}. Нижний по схеме вывод резистора R_{15} надо соединить с анодом диода $Д_4$, на катод лампы $Л_6$ подать напряжение 380—390 В, а необходимый размер растра по горизонтали установить подбором резисторов R_9, R_{22} и R_{23}. При отсутствии у радиолюбителя высоковольтных резисторов $R_{32} - R_{37}$ верхний по схеме вывод переменного резистора R_{31} надо соединить через резистор 2,7 МОм с выводом *5* трансформатора $Тр_1$ и подать на сетку $Л_6$ часть напряжения вольтодобавки, которое тоже меняется при изменении тока лучей кинескопа.

Если у радиолюбителя нет лампы 6С20С, то можно ограничиться применением одной лишь схемы стабилизации динамического режима ($Л_7$, $Л_8$), которая в некоторой степени устраняет и колебания ускоряющего напряжения. Из-за

колебаний ускоряющего напряжения изменяется чувствительность по отклонению и сведению электронных прожекторов кинескопа и сведение их лучей ухудшится.

Стабилизирующий контур L_1C_7 можно взять от телевизора УЛТ-61. На трансформаторе $Тр_1$ для накала ламп $Л_4$ и $Л_5$ следует разместить две обмотки, содержащие по одному витку провода ПВЛ. Панель кенотрона $Л_4$ нужно установить в средней части стакана из оргстекла высотой 60 мм с толщиной стенок 7 мм. Для защиты от мягкого рентгеновского излучения лампу $Л_6$ необходимо заключить в цилиндрический экран из стали толщиной 1—2 мм. «Гирлянду» из резисторов R_{32} — R_{37} нужно защитить от пыли, надев на нее поливинилловую трубку.

При использовании кинескопа 59ЛК3Ц в оконечном каскаде следует применить лампу 6П42С.

Узел кадровой развертки цветного телевизора на электронных лампах

Узел кадровой развертки (рис. 3-74) содержит амплитудный селектор синхроимпульсов, задающий генератор на лампе $Л_1$ и оконечный каскад на лампе $Л_2$.

Мощность, развиваемая оконечным каскадом, увеличена благодаря повышенному до 390 В напряжению питания анодной цепи $Л_2$ и вполне достаточна

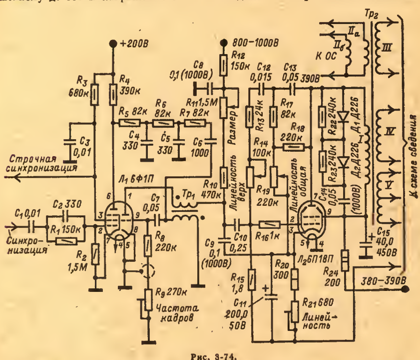


Рис. 3-74.

для отклонения лучей кинескопов 40ЛК2Ц и 53ЛК4Ц. Для эффективного гашения большого импульсного напряжения и предотвращения пробоя изоляции параллельно обмотке *I* трансформатора $Тр_2$ подключена цепь $Д_1Д_2C_{14}$ R_{22} R_{23}.

В катодную цепь лампы $Л_2$ включаются кадровые катушки системы сведения. С обмоток *III — IV* снимаются пилообразные напряжения, необходимые для формирования пилообразных составляющих тока в указанных катушках. Чтобы получить большую мощность, в оконечный каскад телевизора с кинескопом 59ЛК3Ц следует включить параллельно две лампы 6П18П.

Для центровки растра по вертикали через кадровые катушки ОС пропускается постоянный ток. Хорошие результаты получаются при использовании схемы с двойной выходной обмоткой *II* на ТВК (рис. 3-75). Одинаковые части этой обмотки, намотанные в два провода, через конденсаторы C_1 и C_2 соединены по переменному току параллельно. К точке соединения этих конденсаторов подключены кадровые катушки КК и движок потенциометра R_1, который включен параллельно частям выходной обмотки, соединенным для постоянного тока последовательно. Под действием этого тока на потенциометре R_1 и частях выходной обмотки *II* образуется падение напряжения. Перемещая движок потенциометра R_1 можно менять полярность напряжения, приложенного к кадровым катушкам КК, и пропускать через них постоянный ток в том или ином направлении.

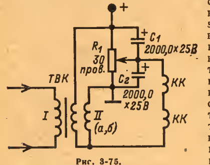


Рис. 3-75.

В узле кадровой развертки используется ряд деталей промышленного изготовления; $Тр_1$ — унифицированный типа БТК или БТКП, R_{21} (рис. 3-74) и R_1 (рис. 3-75) — проволочные потенциометры для фокусировки и центровки типа ППЗ. Трансформатор $Тр_2$ — самодельный с магнитопроводом Ш26 × 30. Сначала в два провода наматывается обмотка *II*, содержащая 228 + 228 витков ПЭВ-1 0,38, затем — обмотки *III — V* по 80 (40 + 40) витков ПЭВ-1 0,16 каждая. Последняя обмотка *I* содержит 2740 витков ПЭВ-1 0,16. Каждый слой провода этой обмотки изолируют слоем тонкой конденсаторной бумаги. Между обмотками прокладывают слой лакоткани.

Узел строчной развертки на транзисторах для цветного телевизора на кинескопе 59ЛК3Ц

Узел (рис. 3-76) состоит из двух устройств. Первое из них служит для создания отклоняющего тока необходимой формы в строчных катушках ОС, второе — для получения стабилизированного напряжения питания + 25 кВ второго анода кинескопа. Устройство формирования отклоняющего тока состоит из парафазного усилителя на транзисторе T_1, системы АПЧиФ на диодах $Д_2$ и $Д_3$, УПТ на транзисторе T_2, задающего блокинг-генератора с коллекторно-базовой связью на транзисторе T_3, буферного усилителя на транзисторе T_4 и выходного каскада на транзисторах T_5, T_6 и демпферном диоде $Д_6$.

С обмотки *III* трансформатора $Тр_1$ задающего генератора прямоугольные импульсы поступают на буферный усилитель. Резистор R_{21} ограничивает ток базы транзистора T_4. Нагрузкой усилителя служит трансформатор $Тр_2$, создающий импульсный ток в базах транзисторов T_5 и T_6, который открывает их до насыщения. Резистор R_{23} и диод $Д_5$ ограничивают положительный выброс напряжения на коллекторе транзистора T_4, когда он закрывается.

Выходные транзисторы T_5 и T_6 соединены последовательно. Нагрузкой выходного каскада служат выходной строчный трансформатор $Тр_3$, ОС, симметрирующая катушка L_3, регулятор линейности L_2 и трансформатор коррекции подушкообразных искажений растра $Тр_4$. Отклоняющая система подсоединена через регулятор линейности L_2 к коллектору транзистора T_5 и катоду демпфер-

ного диода $Д_6$. Параллельное включение строчных катушек $КС$ отклоняющей системы позволяет применить симметрирующую катушку L_3, с помощью которой можно устранить перекрещивание строк красного и зеленого цветов.

Контур L_1C_{15} настроен на третью гармонику частоты свободных колебаний, возникающих в строчных катушках во время обратного хода луча по горизонтали, что снижает импульс напряжения обратного хода на транзисторах T_5, T_6 на 15—20% и уменьшает паразитные колебания отклоняющего тока в начале прямого хода лучей. Импульсное напряжение обратного хода равномерно распределяется с помощью конденсаторов C_{12}, C_{13} на транзисторах T_5 и T_6.

Параллельно строчным катушкам ОС и катушке L_3 подключены обмотки *I* и *II* трансформатора коррекции подушкообразных искажений растра $Тр_4$. Обмотка *III* этого трансформатора через катушку коррекции фазы L_4 соединена с кадровыми катушками ОС. Работа схемы коррекции подушкообразных искажений растра описана на стр. 258.

Центровка растра по горизонтали осуществляется с помощью узла центровки, состоящего из обмотки *III* трансформатора $Тр_3$, диодов $Д_7$, $Д_8$, конденсаторов C_{16}, C_{17}, резистора R_{26} и дросселя $Др_1$. С обмотки *I* трансформатора $Тр_3$ положительные импульсы обратного хода поступают на АРУ, блок цветности, узел гашения обратного хода лучей по горизонтали, блок сведения лучей и генератор источника стабилизированного напряжения 25 кВ для питания второго анода, а также фокусирующего и ускоряющих электродов кинескопа. В этом источнике на транзисторе T_7 собран УПТ, а на T_9, T_{10} — каскад, формирующий пилообразное напряжение. На базу транзистора T_{11} каскада сравнения поступают постоянное напряжение питания с УПТ (T_7) и пилообразное напряжение с каскада формирования (T_9, T_{10}). С каскада сравнения T_{11} управляющие импульсы поступают на предоконечный каскад на транзисторе T_{12}, а с него — на выходной каскад T_{13}.

Стабилизация высоковольтного напряжения при изменении токов лучей кинескопа осуществляется изменением длительности управляющего импульса на базе транзистора T_{13}. При изменении тока лучей или напряжения питания (32 В) изменяется выпрямленное высокое напряжение. Через делитель из резисторов — R_{48} — R_{56}, R_{28}, R_{29} часть этого напряжения поступает на базу транзистора T_7, эмиттер которого соединен с источником опорного напряжения на стабилитроне $Д_{10}$. Изменения напряжения на базе транзистора T_7 усиливаются и передаются на каскад сравнения T_{11}. Элементы $Д_9$, R_{30}, C_{21} — C_{23} служат для устранения самовозбуждения стабилизатора.

Нагрузкой выходного транзистора T_{13} является трансформатор $Тр_6$. Контур, образованный его обмоткой *III* и паразитными емкостями, настроен на третью гармонику частоты свободных колебаний, возникающих во время обратного хода лучей по горизонтали в контуре, образованном обмоткой *I* этого трансформатора и также паразитными емкостями. Настройка осуществляется изменением связи между этими контурами с помощью сердечника катушки L_5. При этом возрастает к. п. д. выходного каскада и снижается на 20—25% импульс напряжения при обратном ходе луча на коллекторе транзистора T_{13}, что повышает надежность его работы.

Умножитель напряжения собран на выпрямителях $Д_{17}$ — $Д_{21}$ и конденсаторах C_{33} — C_{37}. К первому звену умножителя (выпрямитель $Д_{17}$) подключен делитель (резисторы R_{48} — R_{56}, R_{28}, R_{29}), с которого снимается напряжение на фокусирующий и ускоряющий электроды кинескопа.

Нестабильность высокого напряжения при изменении напряжения питания от —10 до +6% и тока лучей кинескопа в пределах 0—1 мА не превышает 4%.

Узел можно смонтировать на печатных платах. Транзисторы T_5, T_6 нужно установить на игольчатых радиаторах с площадью рассеяния 200 см² каждый, транзистор T_{13} на радиаторе площадью 150 см². Трансформатор $Тр_6$, умножитель напряжения $Д_{17}$ — $Д_{21}$, C_{33} — C_{37} и делитель напряжения R_{48} — R_{56} следует установить вне плат.

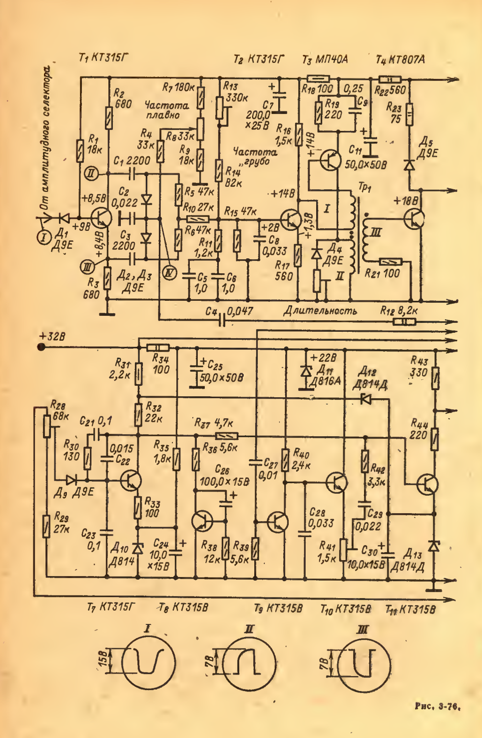
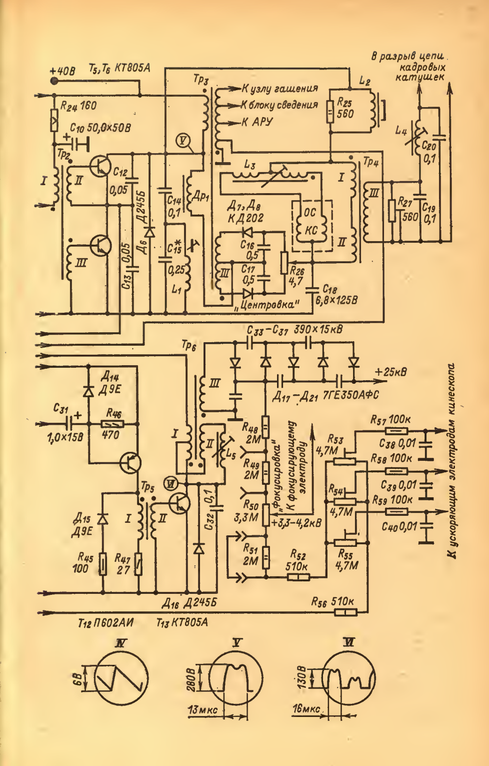

T1 КТ315Г
T2 КТ315Г
T3 МП40А
T4 КТ807А
От амплитудного селектора
R1 18к
R2 680
R3 680
R4 33к
R5 47к
R6 47к
R7 180к
R8 33к
R9 18к
R10 27к
R11 1,2к
R13 330к
R14 82к
R15 47к
R16 1,5к
R17 560
R18 100
R19 220
R21 100
R22 560
R23 75
R12 8,2к
C1 2200
C2 0,022
C3 2200
C4 0,047
C5 1,0
C6 1,0
C7 200,0×25В
C8 0,033
C9 0,25
C11 50,0×50В
Д1 Д9Е
Д2, Д3 Д9Е
Д4 Д9Е
Д5 Д9Е
Частота плавно
Частота „грубо
Длительность
Тр1
+8,5В
+9В
+8,4В
+14В
+2В
+1,3В
+18В
+32В
+22В
R28 68к
R29 27к
R30 130
R31 2,2к
R32 22к
R33 100
R34 100
R35 1,8к
R36 5,6к
R37 4,7к
R38 12к
R39 5,6к
R40 2,4к
R41 1,5к
R42 3,3к
R43 330
R44 220
C21 0,1
C22 0,015
C23 0,1
C24 10,0×15В
C25 50,0×50В
C26 100,0×15В
C27 0,01
C28 0,033
C29 0,022
C30 10,0×15В
Д9 Д9Е
Д10 Д814
Д11 Д816А
Д12 Д814Д
Д13 Д814Д
T7 КТ315Г
T8 КТ315В
T9 КТ315В
T10 КТ315В
T11 КТ315В
15В
7В
7В

Рис. 3-76.



+40В
T_5, T_6 КТ805А
R_{24} 160
C_{10} 50,0×50В
Tp_2
Tp_3
К узлу гашения
К блоку сведения
К АРУ
L_2
R_{25} 560
В разрыв цепи кадровых катушек
L_4
C_{20} 0,1
C_{12} 0,05
Д245Б
$Д_6$
C_{14} 0,1
$Др_1$
L_3
Tp_4
R_{27} 560
C_{19} 0,1
$Д_7$, $Д_8$ КД202
ОС
КС
C_{16} 0,5
C_{17} 0,5
R_{26} 4,7
C_{18} 6,8×125В
„Центровка"
C_{13} 0,05
C_{15}* 0,25
L_1
C_{33}–C_{37} 390×15кВ
Tp_6
+25кВ
$Д_{17}$–$Д_{21}$ 7ГЕ350АФС
$Д_{14}$ Д9Е
C_{31} 1,0×15В
R_{46} 470
R_{48} 2М
R_{49} 2М
R_{50} 3,3М
R_{51} 2М
„Фокусировка"
К фокусирующему электроду
+3,3–4,2кВ
L_5
R_{57} 100к
R_{53} 4,7М
C_{38} 0,01
R_{58} 100к
C_{39} 0,01
R_{54} 4,7М
R_{59} 100к
C_{40} 0,01
R_{55} 4,7М
К ускоряющим электродам кинескопа
Tp_5
$Д_{15}$ Д9Е
R_{45} 100
R_{47} 27
C_{32} 0,1
R_{52} 510к
$Д_{16}$ Д245Б
R_{56} 510к
T_{12} П602АИ
T_{13} КТ805А
IV
6В
V
280В
13мкс
VI
130В
16мкс

Таблица 3-14

Моточные данные деталей узла строчной развертки на транзисторах для цветиого телевизора

Обозначение по схеме	Сердечник	Обмотка	Число витков	Марка провода	Диаметр провода
$Тр_1$	М2000НМ1-Ш5 × 5	I	100	ПЭВ-2	0,12
		II	500	ПЭВ-2	0,12
		III	100	ПЭВ-2	0,12
$Тр_2$	М2000НМ1-Ш7 × 7, зазор 0,12 мм	I	250	ПЭВ-2	0,2
		II	18	ПЭВ-2	0,7
		III	18	ПЭВ-2	0,7
$Тр_3$	М2000НМ1-Ш7 × 7, зазор 0,2 мм	I	5+35—60+10	ПЭВ-2	0,12
		II	120	ПЭВ-2	0,64
		III	5+5	ПЭВ-2	0,64
$Тр_4$	М2000НМ1-Ш7 × 7, зазор 0,16 мм	I	45	ПЭВ-2	0,41
		II	45	ПЭВ-2	0,41
		III	180	ПЭВ-2	0,41
$Тр_6$	М3000НМ-С1-ПК26-13, зазор 1 мм	I	15+12	ПЭВ-2	0,7
		II	15	ПЭВ-2	0,47
		III	1700	ПЭВ-2	0,1
$Др_1$	М2000НМ1-Ш5 × 5		55	ПЭВ-2	0,41
L_1	М1500НМ3-СС4, 5 × 17		20	ПЭЛШО	1,0
L_2	Ферритовый цилиндрический от РЛС-110Л1		40	ПЭВ-2	0,7
L_3	М1500НМ3-СС4, 5 × 17		25+25	ПЭВ-2	0,7
L_4	М1500НМ3-СС4, 5 × 17		300	ПЭВ-2	0,47
L_5	М1500НМ3-СС4, 5 × 17		30	ПЭВ-2	0,7

Примечания: 1. Трансформатор $Тр_5$ изготовляют по данным трансформатора $Тр_2$ без обмотки *III*.

2. Каждый слой и обмотки трансформатора изолируется: у $Тр_1$ — конденсаторной бумагой толщиной 0,02 мм; — у $Тр_2$, $Тр_4$, $Тр_5$, $Тр_6$ — то же, толщиной 0,05 мм; у $Тр_3$ — триацетатной пленкой толщиной 0,07 мм.

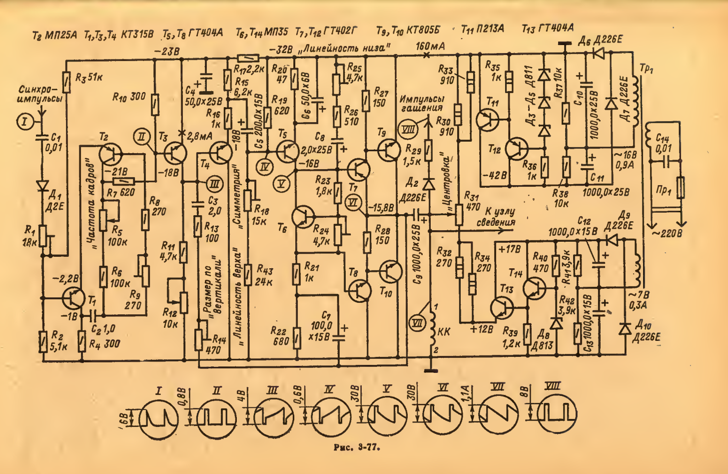
3. Ширина обмотки катушки 3—5 мм, расстояние между ними 10 мм.

Узел рассчитан на работу с отклоняющей системой ОС-90ЛЦ1. Регулятор линейности строк можно изготовить на базе РЛС-90ЛЦ2 или РЛС-110Л1, перемотав его по данным, приведенным в табл. 3-14, в которой указаны также намоточные данные всех катушек и трансформаторов. Конденсаторы C_{12} — C_{15}, C_{32} — МПО или К72П-6 на напряжение не менее 400 В, конденсатор коррекции нелинейных искажений C_{18} — К42-11; резисторы R_{48} — R_{52} — КЭВ = 1, а R_{26} — ППЗ.

Узел кадровой развертки на транзисторах для цветного телевизора

Узел кадровой развертки с бестрансформаторным выходом (рис. 3-77) предназначен для цветных телевизоров с кинескопами 59ЛК3Ц и 40ЛК4Ц и обеспечивает нелинейность изображения по вертикали 7—10%; нестабильность размера изображения по вертикали при самопрогреве телевизора 3%; смещение изображения регулировкой *Центровка* вверх и вниз на 25 мм. Потребляемая мощность 8 Вт.

Задающий генератор, вырабатывающий пилообразно-импульсное напряжение, состоит из мультивибратора с последовательно включенными по постоян-



T2 МП25А T1,T3,T4 КТ315В T5,T8 ГТ404А T6,T14 МП35 T7,T12 ГТ402Г T9,T10 КТ805Б T11 П213А T13 ГТ404А
Синхро-импульсы
C1 0,01
Д1 Д2Е
R1 18к
R2 5,1к
R3 51к
R4 300
C2 1,0
-2,2В
-1В
"Частота кадров"
R5 100к
R6 100к
R7 620
R8 270
R9 270
-21В
R10 300
-23В
-18В
2,8мА
R11 4,7к
R12 10к
C3 2,0
R13 100
R14 470
"Размер по вертикали"
C4 50,0×25В
R15 6,2к
R16 1к
R17 2,2к
-18В
"Симметрия"
C5 200,0×15В
R18 15к
R43 24к
"Линейность верха"
-32В
"Линейность низа"
R19 620
R20 47
C6 50,0×6В
C8 2,0×25В
-16В
R21 1к
R22 680
C7 100,0 ×15В
R23 1,8к
R24 4,7к
R25 4,7к
R26 510
R27 150
R28 150
-15,8В
160мА
Импульсы гашения
R29 1,5к
Д2 Д226Е
C9 1000,0×25В
"Центровка"
R30 910
R31 470
R32 270
R33 910
R34 270
К узлу сведения
КК
R35 1к
R36 1к
-42В
Д3-Д5 Д811
R37 10к
R38 10к
C10 1000,0×25В
C11 1000,0×25В
Д6 Д226Е
Д7 Д226Е
Tp1
~16В 0,9А
C14 0,01
Пр1
~220В
+17В
+12В
R39 1,2к
R40 470
R41 3,9к
R42 3,9к
Д8 Д813
C12 1000,0×15В
C13 1000,0×15В
Д9 Д226Е
Д10 Д226Е
~7В 0,3А
6В
0,8В
4В
0,6В
30В
30В
1,1А
8В

Рис. 3-77.

ному току транзисторам T_1 и T_2 и разрядного каскада на транзисторе T_3. Ширину прямоугольных импульсов, снимаемых с мультивибратора, можно изменять в пределах 0,7—1,2 мс переменным резистором R_9. В генераторе предусмотрена регулировка симметрии расположения в растре смежных строк при чересстрочной развертке с помощью переменных резисторов R_1 и R_{18}.

С задающего генератора пилообразно-импульсное напряжение через эмиттерный повторитель на транзисторе T_4 поступает на усилитель мощности, который содержит предварительный каскад усиления на транзисторе T_5, и выходной усилитель. Предварительный каскад охвачен ООС по постоянному току за счет включения резистора R_{20} в цепь эмиттера транзистора T_5, что улучшает температурную стабилизацию его рабочей точки.

Выходной усилитель собран по схеме бестрансформаторного двухтактного каскада с несимметричными входом и выходом на транзисторах T_7 — T_{10}. Он работает в режиме АВ с небольшим напряжением смещения для получения необходимой линейности изображения по вертикали в середине экрана кинескопа.

Связь между симметрирующим (транзисторы T_7 и T_8) и выходным (T_9 — T_{10}) каскадами усилителя мощности непосредственная. Для температурной стабилизации усилителя служит термокомпенсирующий транзистор T_6, который расположен вблизи мощного транзистора T_{10}.

Нагрузкой кадровой развертки являются кадровые катушки *КК* унифицированной отклоняющей системы ОС-90ЛЦ2. Терморезисторы, соединенные последовательно с кадровыми катушками, в ОС не используются. Кадровые катушки подключены к выходу усилителя мощности через разделительный конденсатор C_9, емкость которого влияет на линейность изображения. Способ коррекции подушкообразных искажений описан на стр. 258.

Для линеаризации развертки используется емкостная обратная связь, охватывающая весь усилитель мощности. Полученное на выходе пилообразное напряжение интегрируется и подается на вход эмиттерного повторителя T_4. После интегрирования получается параболическое напряжение, благодаря чему уменьшается скорость изменения экспоненциального напряжения на базе транзистора T_4, образующегося в результате работы разрядного каскада.

Способ гашения обратного хода зависит от видеоусилителя. Если видеоусилитель собран на транзисторах, то импульсы гашения обратного хода через диод $Д_2$ и резистор R_{29} должны быть поданы на эмиттер транзистора оконечного каскада видеоусилителя. Если же выходной каскад видеоусилителя выполнен на лампе, импульсы гашения обратного хода подают на ускоряющие электроды кинескопа через усилитель импульсов гашения.

Для устранения взаимных помех кадровой развертки и УНЧ питание узла производится через два независимых стабилизатора напряжения на транзисторах T_{11}, T_{12} и T_{13}, T_{14}. Выпрямители собраны по схеме удвоения напряжения на диодах $Д_6$, $Д_7$ и $Д_9$, $Д_{10}$. При изменении напряжения на ±10% номинального значения выходное напряжение стабилизатора изменяется не более чем на 0,5%.

Все детали узла кадровой развертки можно расположить на одной печатной плате, кроме транзистора T_{10} и переменных резисторов R_5, R_{12} и R_{31}. Транзистор T_{10} следует расположить на шасси телевизора в месте, не подвергнутом дополнительному нагреву со стороны других деталей. Специального подбора пар транзисторов T_7, T_8 и T_9, T_{10} не требуется. Из имеющихся в наличии транзисторов желательно транзисторы с большим коэффициентом передачи по току поставить на место T_8 и T_9.

Все постоянные резисторы — в блоке МЛТ. Переменные резисторы R_1, R_9, R_{14}, R_{18}, R_{24} и R_{25} — СП3-16 или СПО-0,5; R_{12} — типа СП-IIА; R_{31} — типа ППЗ-11. Конденсатор C_1 — БМТ-2; C_2 — МБМ; C_3 — МБГО-2; C_4 — C_{13} — К50-6 или К50-3. Диод $Д_1$ может быть Д2 или Д9 с любым буквенным индексом; $Д_2$, $Д_6$, $Д_7$, $Д_9$ и $Д_{10}$ — Д226Д; $Д_3$, $Д_4$ и $Д_5$ — Д814Г; $Д_8$ — Д814Д. Транзисторы T_1, T_3 и T_4 — КТ312Б; T_5, T_8 и T_{13} — КТ602Г; T_7, T_{12} — ГТ403Б; T_9 и T_{10} — КТ807Б; T_6 и T_{14} — МП35 — МП38. Для транзисторов T_9, T_{10} и T_{11} нужно

использовать радиаторы из дюралюминия Д16Т, окрашенные в черный цвет. Площадь радиатора для T_9 должна составлять не менее 50 см², для T_{10}, T_{11} — 100 см². Данные трансформатора Tp_1 зависят от конструкции других блоков телевизора.

3-9. АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ТЕЛЕВИЗОРАХ

Автоматическое регулирование усиления

Помехоустойчивая ключевая АРУ. На нагрузке видеодетектора выделяется видеосигнал, содержащий постоянную составляющую, т. е. заполненный полуволнами напряжения несущей частоты (рис. 3-78). Использовать постоянную составляющую этого сигнала для АРУ нельзя, так как она зависит от освещенности и содержания передаваемого изображения. Для АРУ можно использовать лишь напряжение от пикового детектора $U_п$, равное напряжению несущей в моменты передачи синхроимпульсов, амплитуда которых не меняется при изменении освещенности передаваемого изображения. Однако АРУ с пиковым детектором не обладает помехоустойчивостью, и усиление приемника понижается при наличии импульсных помех, амплитуда которых превышает амплитуду синхроимпульсов.

Рис. 3-78.

Схема ключевой АРУ содержит стробируемый пиковый детектор или усилитель, отпираемый импульсами обратного хода строк лишь в моменты передачи

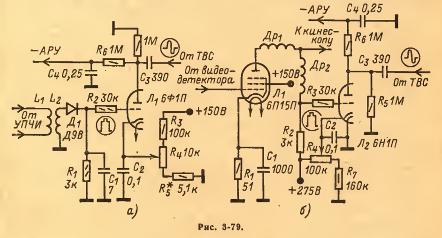


Рис. 3-79.

синхроимпульсов. В цепи по схеме на рис. 3-79, *а* стробируется усилитель АРУ. На анод триода $Л_1$ подаются импульсы обратного хода от выходного строчного трансформатора амплитудой 100—200 В. На управляющую сетку триода поступает напряжение от видеодетектора или от отдельного детектора АРУ. Для задержки АРУ триод заперт напряжением, приложенным к катоду и снимаемым с потенциометра R_4. В результате триод отпирается лишь при совпадении по времени синхроимпульсов, поступающих на сетку, и импульсов обратного хода.

Режим триода выбирается таким, что из-за отсечки анодного тока конденсатор C_3 заряжается лишь частью импульса обратного хода. При увеличении сигнала на сетке отсечка уменьшается и напряжение на конденсаторе C_3 увеличивается. Это напряжение используется для АРУ; оно через фильтр R_6C_4 подается на управляющие сетки ламп УВЧ и УПЧ и изменяет усиление этих каскадов. Постоянную времени фильтра R_6C_4 можно сделать небольшой, с тем чтобы АРУ успевала реагировать на быстрые изменения принимаемого сигнала, возникающие, например, из-за отражения УКВ от пролетающих самолетов.

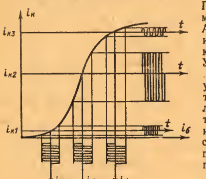


Рис. 3-80.

Более глубокую и эффективную АРУ удается осуществить, подав на сетку триода $Л_2$ сигнал, усиленный видеоусилителем на лампе $Л_1$ (рис. 3-79, *б*). Для того чтобы АРУ реагировала на изменения амплитуды несущей частоты, сигнал с выхода видеодетектора должен поступать на сетку лампы видеоусилителя без переходных емкостей.

Схема АРУ, в которой регулирующее напряжение образуется за счет детектирования видеосигнала, не содержащего постоянной составляющей, пропорциональной амплитуде несущей частоты, будет вносить искажения в передачу уровня черного. Так, например, при передаче темного изображения полный размах видеосигнала и регулирующее напряжение, вырабатываемое в такой схеме уменьшаются. При этом усиление УВЧ и УПЧ увеличивается и видеосигнал от темного изображения оказывается неестественно большим, что приводит к нарушению правильного соотношения яркостных градаций в принятом изображении.

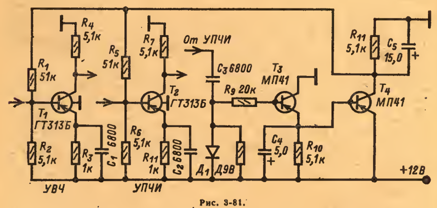


Рис. 3-81.

В транзисторных телевизорах АРУ осуществляют, используя принцип изменения крутизны характеристики транзистора. Напряжение смещения с выхода схемы АРУ подается на базы транзисторов в каскадах УВЧ и УПЧ и изменяет положение рабочей точки на их характеристиках. Крутизна характеристики (рис. 3-80) понижается при уменьшении тока коллектора и при увеличении его и переходе в область насыщения. Поэтому используются схемы АРУ,

работающие как на запирание, так и на отпирание транзисторов в усилительных каскадах.

Схема АРУ, работающая на запирание, приведена на рис. 3-81. Напряжение от пикового детектора на диоде $Д_1$, подключенном к контуру последнего каскада УПЧИ, поступает на базу эмиттерного повторителя на транзисторе T_3.

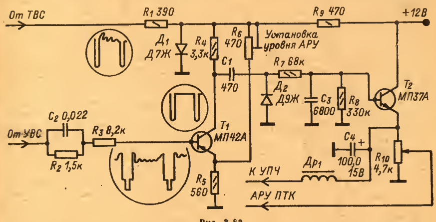


Рис. 3-82.

Этот повторитель согласует высокое выходное сопротивление пикового детектора с низким входным сопротивлением транзистора T_4, на котором собран усилитель напряжения АРУ. В переносных транзисторных телевизорах, работающих в условиях высокого уровня импульсных помех, особенно в черте города, применяют помехоустойчивые ключевые АРУ.

Ключевая АРУ, работающая на отпирание, показана на рис. 3-82. Импульсы обратного хода строчной развертки, снимаемые с обмотки ТВС, выпрямляются диодом $Д_2$ и заряжают конденсатор C_1 так, что на вход эмиттерного повторителя T_2 через фильтр R_7C_3 поступает положительный потенциал. При совпадении по времени синхроимпульсов, отпирающих транзистор T_1, и импульсов обратного хода заряд на конденсаторе C_1 уменьшается из-за того, что эти импульсные напряжения компенсируют друг друга. В результате уменьшается положительное напряжение, образующееся на выходе эмиттерного повторителя и приложенное к базам транзисторов регулируемых каскадов, которые сильнее отпираются, и их рабочие точки переходят на участки характеристик с малой крутизной.

Ключевая АРУ ламповых телевизоров. В схеме ключевой АРУ телевизоров УЛТ-61 (см. рис. 3-25) работает триодная часть лампы $Л_{304}$. Напряжение видеосигнала подается на сетку триода с делителя R_{329}, R_{331}, R_{337} без переходных емкостей. Благодаря этому обеспечивается передача постоянной составляющей, величина которой определяется уровнем напряжения ПЧ на входе видеодетектора, а этот уровень в свою очередь зависит лишь от величины принимаемого сигнала и не меняется при изменении содержания передаваемого изображения. Триод $Л_{304}$ заперт напряжением, снимаемым с делителя R_{336}, R_{338}, и отпирается вершинами синхроимпульсов, содержащихся в напряжении, поступающем на сетку. Элементы R_{327}, R_{355}, R_{328}, $Д_{305}$, C_{333}, $Д_{511}$, R_{512} входят в схему автоматического запирания приемного тракта на время прогрева катодов ламп строчной развертки, когда АРУ не работает. Этим предотвращается перегрузка приемного тракта и устраняется возникающий от этого шум в громкоговорителях.

В течение времени, необходимого для прогрева катода демпферного диода в оконечном каскаде строчной развертки, импульсы обратного хода на аноде триода $Л_{304}$ отсутствуют. В это время отсутствует напряжение вольтодобавки, которое через элементы R_{355}, R_{327}, R_{328}, R_{512}, R_{516} может поступить на диоды $Д_{305}$ и $Д_{511}$ и отпереть их. При этом диоды выпрямляют напряжение накала, поступающее через C_{333}, и полученное отрицательное напряжение подается на управляющие сетки ламп ПТК и первого каскада УПЧИ и запирает их. Варисторы R_{355} и R_{516} выполняют роль ключей, сопротивление которых при отсутствии напряжения вольтодобавки велико, а при наличии этого напряжения — резко уменьшается.

Ключевая АРУ транзисторных телевизоров. В схеме ключевой АРУ телевизора ППТ-23-2 (см. рис. 3-29) импульс обратного хода строчной развертки, сформированный диодом $Д_9$, выпрямляется диодом $Д_8$. Полученное на конденсаторе C_{82} постоянное напряжение через усилитель на транзисторе T_{18} подается на УВЧ селектора ПТКП-3 как начальное напряжение смещения. Транзистор T_{17} отпирается сигналом изображения и шунтирует диод $Д_8$. В результате напряжение на конденсаторе C_{82} и на выходе схемы АРУ уменьшается, что ведет к уменьшению усиления УВЧ и УПЧИ (работа АРУ на отпирание описана на стр. 249). Благодаря действию АРУ изменение уровня входного сигнала в 10 раз приводит к изменению напряжения на видеодетекторе лишь в 1,4 раза.

В ключевой АРУ транзисторного телевизора можно использовать интегральную микросхему К2ЖА245 (см. стр. 706)

Рис. 3-83.

Автоматическое регулирование яркости (АРЯ) и поддержание уровня черного

Для правильного воспроизведения изображения необходимо, чтобы вершины гасящих импульсов видеосигнала располагались в начале анодно-сеточной характеристики кинескопа, а синхроимпульсы заходили в область отсечки анодного тока. При этом во время передачи темных участков изображения ток луча должен быть минимальным (рис. 3-83). Задача АРЯ сводится к поддержанию уровня черного в воспроизводимом изображении вне зависимости от изменения размаха видеосигнала при регулировке контрастности и от изменения содержания передаваемого изображения, когда размах видеосигнала изменяется при передаче различных по освещенности кадров. Несовпадение уровня черного в видеосигнале с точкой отсечки тока луча кинескопа приводит к неправильному воспроизведению градаций яркости и к потере пропорциональности ступеней серого в принятом изображении.

Для решения задачи правильного воспроизведения градаций применяют либо АРЯ, либо схемы привязки уровня черного.

АРЯ вырабатывает напряжение U_c, которое при любом изменении контрастности устанавливает среднюю яркость изображения такой, чтобы уровень черного соответствовал точке запирания тока луча кинескопа $I_к$ (рис. 3-83). В простейшей схеме (рис. 3-84, *а*) напряжение на потенциометр регулировки яркости R_4 и на катод кинескопа подается с одной и той же точки — после резистора

нагрузки R_2 видеоусилителя. При увеличении напряжения на выходе видеодетектора уменьшаются средний анодный ток лампы $Л_1$ видеоусилителя и разность напряжений между модулятором и катодом кинескопа, а средняя яркость поддерживается на требуемом уровне.

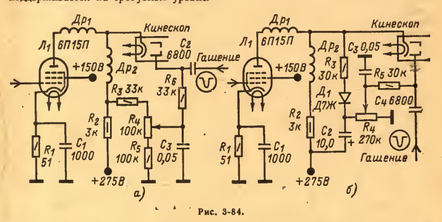


Рис. 3-84.

В более совершенной схеме (рис. 3-84, *б*) имеется диод $Д_1$, через который в моменты появления синхроимпульсов заряжается конденсатор C_2. Начальная яркость устанавливается выбором напряжения на катоде кинескопа при помощи резистора R_1 (U_{c1} на рис. 3-83). При увеличении сигнала на выходе

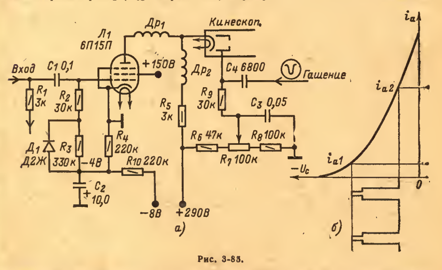


Рис. 3-85.

видеодетектора увеличивается напряжение на конденсаторе C_2 (U_{p2} на рис. 3-83), что приводит к пропорциональному увеличению средней яркости изображения. В результате с повышением контрастности средняя яркость изображения увеличивается так, что уровень черного поддерживается на точке отсечки тока луча кинескопа.

Схема привязки уровня черного с фиксирующим диодом применяется в видеоусилителях, где связь с резистором нагрузки R_1 видеодетектора или предыдущего каскада осуществляется при помощи переходного конденсатора C_1 (рис. 3-85, *а*). В отсутствие видеосигнала анодный ток лампы $Л_1$ мал ($i_{а1}$ на рис. 3-85,*б*), а потенциал на ее аноде и на катоде кинескопа повышен так, что яркость свечения экрана минимальна и находится на уровне черного. При появлении на резисторе R_1 видеосигнала отрицательной полярности конденсатор C_1 заряжается через диод $Д_1$ так, что к управляющей сетке лампы $Л_1$ оказывается приложенным положительное напряжение, практически равное амплитуде входного видеосигнала. В результате анодный ток лампы $Л_1$ увеличивается до значения $i_{а2}$, а напряжение на ее аноде и на катоде кинескопа уменьшается так, что яркость свечения экрана автоматически возрастает до уровня, соответствующего передаче светлых деталей изображения. При этом в моменты прохождения гасящих импульсов и синхроимпульсов анодный ток лампы $Л_1$ уменьшается до начального значения $i_{а1}$, соответствующего уровню черного.

Цепь по схеме рис. 3-85 иногда называют цепью восстановления постоянной составляющей видеосигнала. Однако в этой цепи происходит лишь фиксация

Рис. 3-86.

уровня черного, а постоянная составляющая, пропорциональная амплитуде несущей ПЧ, имевшаяся на нагрузке детектора, оказывается безвозвратно потерянной. По этой причине использовать выходное напряжение видеоусилителя в такой схеме для целей АРУ нельзя.

Мостовая схема регулировки контрастности (рис. 3-86) с фиксированным уровнем черного применяется в телевизорах, имеющих эффективно действующую АРУ, благодаря которой напряжение на аноде лампы видеоусилителя при передаче уровня черного не зависит от изменения амплитуды принимаемого сигнала. Контрастность регулируется резистором R_4, включенным в диагональ моста, образованного лампой $Л_1$, резистором R_3 и делителем R_6, R_7. Режим лампы $Л_1$ зависит от напряжения на резисторе R_1 нагрузки видеодетектора. Изменяя порог АРУ, это напряжение подбирают таким, чтобы в моменты прохождения гасящих импульсов, т. е. при передаче уровня черного, потенциалы точек *а* и *б* были равны. В этом случае при регулировании контрастности изменяется яркость белого и яркость градаций серого, а черное в изображении остается неизменным. Устройство по такой схеме удобно тем, что величина видео-

сигнала, снимаемого с нагрузки лампы $Л_1$ на амплитудный селектор и ключевую АРУ, не зависит от регулировки контрастности. В практически применяемых цепях делитель из резисторов R_6 и R_7 (рис. 3-86) отсутствует, а потенциал точки *б* задается от отдельного выпрямителя, питающего анодные цепи ламп УПЧИ. Для того чтобы соединительные провода к резистору R_4 не создавали дополнительную емкостную нагрузку, ограничивающую усиление на высоких видеочастотах, его располагают в непосредственной близости от анодных цепей лампы $Л_1$.

Автоматическая подстройка частоты гетеродина

При уходе частоты гетеродина из-за прогрева деталей и изменения питающих напряжений, а также при неточной его настройке вручную (при помощи переменного конденсатора) изменяется положение несущих частот изображения и звука на частотной характеристике УПЧИ. Если частота гетеродина повышается, то несущая частота изображения располагается на склоне характеристики по уровню ниже 0,5, а несущая звука передвигается из полосы режекции в полосу пропускания УПЧИ. При этом линии на изображении становятся выпук-

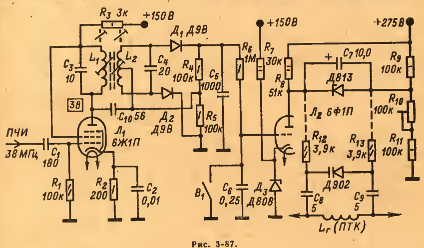


Рис. 3-87.

лыми, пластичными, изображение воспроизводится с искажениями полутонов и помехами от сигналов звукового сопровождения.

Чтобы обеспечить точную настройку гетеродина и получить изображение лучшего качества, в телевизорах классов I и II применяют автоматическую подстройку гетеродина (АПЧГ). Один из возможных вариантов схемы АПЧГ приведен на рис. 3-87. На управляющую сетку лампы $Л_1$ через конденсатор C_1 подается сигнал с нагрузки последнего каскада УПЧИ. В анодную цепь лампы $Л_1$ включен контур частотного детектора $L_1C_3L_2C_4$, настроенный на несущую ПЧ изображения при точной настройке гетеродина. Если несущая ПЧ изображения из-за дрейфа или неточной настройки гетеродина отклоняется от этой частоты, то на нагрузке частотного детектора появляется напряжение, знак которого зависит от того, в какую сторону произошло это отклонение. Полученное напряжение после фильтрации фильтром R_6C_6 и усиления лампой $Л_2$ используется для управления частотой гетеродина. С этой целью оно подается через резисторы R_{12} и R_{13} на варикап Д902, подключенный через конденсаторы C_8 и C_9 к контуру гетеродина с катушкой $L_г$, и изменяет его емкость. Чтобы изменения напряже-

ния, питающего анодную цепь лампы $Л_2$, меньше влияли на частоту гетеродина, варикап включен в диагональ моста, плечи которого образованы внутренним сопротивлением этой лампы, нагрузочным резистором R_8 и резисторами R_9, R_{10} и R_{11}. Стабилитрон Д813 ограничивает пределы изменения напряжения на варикапе и предохраняет его от пробоя при выходе из строя лампы $Л_2$.

Для создания смещения на сетке лампы $Л_2$ используется стабилитрон $Д_3$, динамическое сопротивление которого мало (несколько ом), поэтому ООС из-за включения его в катодную цепь лампы $Л_2$ практически не возникает и усиление этого каскада не уменьшается. Строго говоря, стабилитрон $Д_3$ является источником опорного напряжения, с которым сравнивается выходное напряжение частотного детектора, поступающее на сетку лампы $Л_2$. Полученная после сравнения этих напряжений разность усиливается лампой $Л_2$.

Переменный резистор R_{10} служит для балансировки схемы моста и установки начального смещения на варикапе. Эти операции производят, выключив АПЧГ — замкнув контакты выключателя B_1. При этом резистор R_{10} можно использовать для ручной настройки гетеродина.

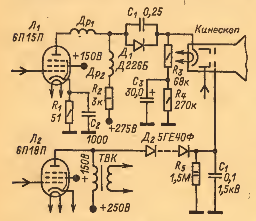


Рис. 3-88.

Катушки контура частотного детектора в устройстве по схеме на рис. 3-87 наматывают на каркасе ⌀7,5 мм на расстоянии друг от друга 10 мм виток к витку, они содержат по 10 витков провода ПЭЛШО 0,35 и снабжаются латунными сердечниками для подстройки. Контур заключается в экран размерами 21 × 21 × 36 мм.

АПЧГ телевизора УЛТ-61 (см. рис. 3-25). Лампа $Л_{305}$ входит в схему АПЧГ и выполняет функции усилителя несущей ПЧИ и усилителя напряжения регулирования. В частотном детекторе АПЧГ работают диоды $Д_{303}$ и $Д_{304}$. Варикап, изменяющий частоту гетеродина блока ПТК, включен через контакты *3* и *5* $КП_1$ в диагональ моста, состоящего из внутреннего сопротивления лампы $Л_{305}$, резистора R_{346} в анодной цепи и делителя из резисторов R_{523}, R_{352}, R_{354} и R_{353}. Диоды $Д_{302}$ и $Д_{807}$ ограничивают напряжение на варикапе. Полоса захвата цепи АПЧГ — не менее ± 1 МГц. Это значит, что при такой расстройке схема может автоматически подстроить гетеродин.

Автоматическое гашение луча кинескопа

После выключения телевизора на аноде кинескопа остается высокое напряжение, которым заряжена емкость между этим анодом и внешним графитовым покрытием колбы кинескопа, а накаленный катод продолжает испускать электроны. Генераторы развертки в это время уже не работают, и остановившийся луч высвечивает на экране кинескопа яркое пятно и может даже прожечь люминофор, на котором из-за этого появится темная точка или полоска. Чтобы предотвратить прожог люминофора, применяют цепи, осуществляющие автоматическое гашение луча после выключения телевизора и при возникновении неисправностей в генераторах развертки.

Схема автоматического гашения луча при выходе из строя кадровой развертки (рис. 3-88) содержит выпрямительный столб $Д_2$, который работает в выпря-

мителе импульсов обратного хода, снимаемых с первичной обмотки ТВК. Напряжение с выхода этого выпрямителя используется в качестве ускоряющего и подается на соответствующий электрод кинескопа. При выходе из строя кадровой развертки ускоряющее напряжение исчезает, благодаря чему напряжения, приложенные к остальным электродам кинескопа, не могут отпереть электронный прожектор и луч оказывается погашенным.

Цепь автоматического гашения луча кинескопа после выключения телевизора состоит из диода $Д_1$, резисторов R_3 и R_4 и конденсатора C_3. После выключения телевизора напряжение на конденсаторе C_3 остается, а на аноде лампы $Л_1$ видеоусилителя быстро исчезает. При этом $Д_1$ запирается и конденсатор C_3 может разрядиться лишь через резистор R_4. Постоянная времени цепи разряда выбирается такой, чтобы на все время, пока катод кинескопа еще не остыл, на конденсаторе C_3 сохранялось напряжение, достаточное для запирания электронного прожектора.

3-10. УСТРОЙСТВО СВЕДЕНИЯ ЛУЧЕЙ В ЦВЕТНОМ КИНЕСКОПЕ

Однородность каждого из трех цветных растров на экране кинескопа зависит от точности его изготовления и качества отклоняющей системы. Подбирая длину, форму и взаимное расположение строчных и кадровых отклоняющих катушек, удается получить один общий центр отклонения и совместить его с плоскостью перехода горловины в коническую часть колбы кинескопа. Неточности при изготовлении кинескопа и отклоняющей системы, а также магнитные поля Земли и поля от деталей телевизора могут явиться причинами частичного попадания лучей не на «свои» точки люминофора или на маску.

Магниты чистоты цвета с продольным по отношению к осям прожекторов полем применяют для коррекции упомянутых неточностей. Вредное влияние внешних магнитных полей устраняют экранировкой колбы кинескопа и размагничиванием его деталей при помощи постоянных магнитов или петли размагничивания, размещенных на колбе.

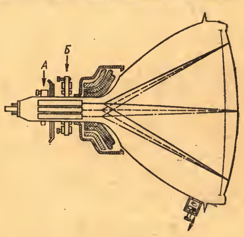


Рис. 3-89.

Три луча должны оставаться сведенными в одну точку не только в центре экрана, но и по всей его поверхности в процессе отклонения. Из-за неодинаковых расстояний от центра и краев экрана до центра отклоняющей системы, из-за смещения осей прожекторов относительно этого центра и неоптимальной конструкции ОС (формы, диаметра, длины и распределения витков отклоняющих катушек) границы трех одноцветных растров оказываются не совмещенными.

Статическое сведение лучей в центре экрана и их динамическое сведение по всей его поверхности в процессе отклонения осуществляется действием на каждый луч постоянного и переменного магнитных полей (рис. 3-89). Для этого внутри горловины кинескопа по бокам каждого прожектора расположены полюсные наконечники, изготовленные из пластин магнитомягкого металла, напро-

тив которых на горловине устанавливаются внешние полюсные наконечники электромагнитов системы сведения. Постоянное магнитное поле для статического сведения лучей создают при помощи поворачивающихся постоянных магнитов, размещенных в средней части сердечников *Б*, или пропуская постоянный ток через катушки электромагнитов. Для динамического сведения лучей через эти катушки пропускают переменные токи, изменяющиеся по закону параболы. Поле электромагнитов перемещает синий луч вертикально; для его горизонтального перемещения служит постоянный магнит *А*.

а) *б)* *в)*

Рис. 3-90.

Отклоняющая система, сконструированная из условий лучшего сведения лучей, дает повышенные подушкообразные искажения растра.

Блок развертки цветного телевизора на кинескопе с углом отклонения луча 90° содержит дополнительную цепь коррекции подушкообразных искажений. Из-за жестких требований к форме и точности намотки секций катушек изготовить ОС для цветного телевизора в любительских условиях трудно. Остальные элементы и детали для системы сведения и коррекции траектории лучей можно изготовить самостоятельно.

Самодельный электромагнит системы сведения лучей. Сведение лучей в процессе их отклонения по вертикали и по горизонтали осуществляется двумя парами катушек, питаемых токами параболической формы. Катушки имеют сердечник Ш7 из феррита марки 1000 НМ, ненужные части которого стачивают на наждачном круге (рис. 3-90, *а*). Несточенные поверхности склеивают клеем БФ-2

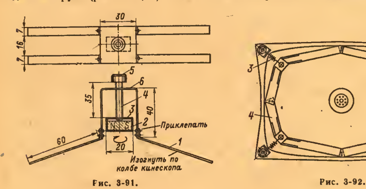


Рис. 3-91. **Рис. 3-92.**

(рис. 3-90, *б*). Кадровые катушки содержат по 2000 витков, строчные — по 150 витков, намотанных внавал на картонных каркасах проводом ПЭВ-2 0,15 (рис. 3-90, *в*). Для последовательного включения у каждой пары катушек, намотанных в одну сторону, между собой соединены концы и выведены начала. Для статического сведения лучей через катушки самодельной системы сведения пропускают постоянный ток.

Полюсные наконечники магнита сдвига синего луча (рис. 3-89) изготавливают из полоски магнитомягкого железа. В них закрепляют круглый сердечник от магнита центровки кадра для черно-белых кинескопов. Целый магнит центровки кадра можно использовать вместо дисковых магнитов *В* для регулировки чистоты цвета.

На рис. 3-91 показана конструкция магнитов размагничивания кинескопа. Кронштейн 6 с полюсными наконечниками 1 изготавливают из магнитомягкой стали. Сердечник 2 от магнита ионной ловушки кинескопов 18ЛК5Б упакован в обойму 3, приклепанную к длинному винту 4 с ручкой 5, которые служат для регулировки положения и перемещения сердечника.

Четыре кронштейна 2 (рис. 3-92) с магнитами укреплены на хомуте из полосы алюминия 4, оклеенной с одной стороны резиной, облегчающей колбу кинескопа 1. Хомут притянут к колбе четырьмя пружинами 3, которые закреплены на четыре наконечника 2 от электрических кабелей, поджатых под гайки, крепящие бандаж кинескопа на четырех шпильках, прикрепленных к футляру телевизора.

Схема сведения лучей для лампового цветного телевизора

Схема на рис. 3-93 формирует токи для питания катушек системы сведения (СС). Хорошее сведение лучей можно получить, питая строчные катушки СС током, кривая изменения которого представляет собой отрезок синусоиды. Такие

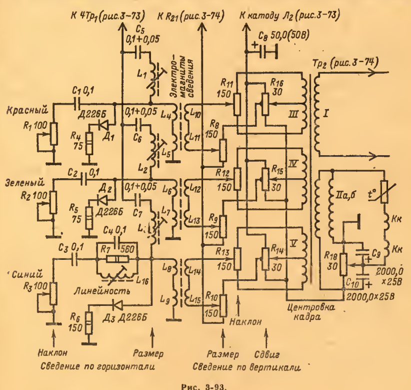


Рис. 3-93.

токи формируются в цепи колебательных контуров (f = 7—9 кГц), ударно возбуждаемых импульсами обратного хода строчной развертки, снимаемыми с дополнительной обмотки ТВС. В контуры входят катушки электромагнитов СС L_4 — L_9, дополнительные катушки L_1 — L_3 и конденсаторы C_5 — C_7. К каждому

контуру подключены зарядные цепи $Д_1R_4$, $Д_2R_5$, $Д_3R_6$ и элементы, корректирующие форму тока C_1R_1, C_2R_2, C_3R_3. Чтобы характер перемещения синего луча, отклоняемого СС лишь вертикально, был таким же, как и у зеленого и красного лучей, к катушкам L_8 и L_9 подключен дополнительный корректирующий контур $L_{16}C_4R_7$, настроенный на вторую гармонику тока сведения.

Для сведения лучей по вертикали используется ток параболической формы, протекающий в цепи катода лампы $Л_2$ оконечного каскада кадровой развертки (рис. 3-74). Переменными резисторами $R_8 — R_{10}$ (рис. 3-93) регулируется амплитуда этого тока, протекающего через обмотки ТВК, резисторы $R_{14} — R_{16}$ и конденсатор C_8. По кадровым катушкам СС кроме тока параболической формы протекает и ток пилообразной формы, амплитуда и фаза которого регулируются потенциометрами $R_{11} — R_{13}$, подключенными к обмоткам $III — V$ ТВК. Это дает возможность в нужной степени рассимметрировать ветви параболы тока в катушках СС и добиться хорошего сведения даже при неодинаковом характере расслоения лучей кинескопа в верхней и нижней части экрана.

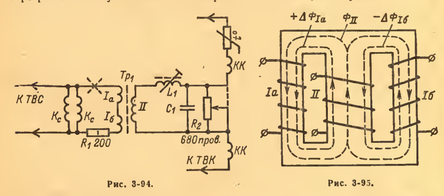


Рис. 3-94. Рис. 3-95.

Статическое сведение лучей в схеме на рис. 3-93 осуществляет постоянная составляющая катодного тока лампы $Л_2$ оконечного каскада строчной развертки. Для этого постоянное напряжение, образованное на потенциометрах $R_{14} — R_{16}$, через обмотки $III — V$ и резисторы $R_8 — R_{13}$ прикладывается к кадровым катушкам СС $L_{10} — L_{15}$.

Постоянный ток, прошедший через резисторы $R_{14} — R_{16}$, пропускается через потенциометр R_{18}, которым производится центровка изображения по вертикали.

В качестве катушек $L_1 — L_3$ можно использовать унифицированные РРС-70. Резисторы $R_1 — R_3$, $R_8 — R_{13}$, $R_{14} — R_{16}$ — проволочные типа ППЗ или им подобные. Катушка L_{16} наматывается на каркасе ⌀ 8 мм, содержит 180 витков ПЭВ 0,21 рядовой многослойной намотки и снабжена для подстройки сердечником 1500НН ⌀ 4,5 мм и длиной 1,5 мм.

Схема коррекции подушкообразных искажений растра на экране кинескопа 59ЛК3Ц осуществляет модуляцию пилообразных отклоняющих токов параболическими корректирующими токами в трансформаторе $Тр_1$ (рис. 3-94). Для коррекции кривизны верхней и нижней кромок растра по обмоткам Ia и $Iб$, расположенным на крайних кернах Ш-образного ферритового сердечника $Тр_1$, пропускают ток отклонения строчной частоты. Образованные магнитные потоки в центральном керне направлены навстречу друг другу (рис. 3-95). По обмотке II, расположенной на центральном керне и включенной в цепь кадровых катушек ОС, протекает кадровый отклоняющий ток. Когда этот ток проходит через нулевое значение, потоки в центральном керне компенсируют друг друга. В зависимости от знака магнитного поля, создаваемого катушкой II, из-за нели-

нейности кривой намагничивания в центральном керне сердечника преобладает магнитный поток, создаваемый катушкой *Iа* или *Iб*. В результате изменения этого магнитного потока по обмотке *II* потечет корректирующий параболический ток строчной частоты. Необходимое направление этого тока обеспечивается резонансным контуром, образованным индуктивностью обмотки *II* катушки L_1 и конденсатором C_1 (рис. 3-94).

Коррекция кривизны боковых кромок растра осуществляется модуляцией строчного отклоняющего тока благодаря шунтирующему действию обмоток *Iа* и *Iб*, подключенных параллельно строчным катушкам ОС. Индуктивность этих обмоток изменяется из-за изменения магнитной проницаемости магнитопровода под влиянием тока кадровой частоты, текущего по обмотке *II*.

Трансформатор Tp_1 имеет магнитопровод Ш7 × 7 из феррита 2000НМ с зазором 0,01 мм; обмотки *Iа* и *Iб* содержат по 230 витков ПЭВ-2 0,12 рядовой намотки в три слоя; *II* — 40 витков ПЭВ-2 0,41, уложенных в два слоя. Катушка L_1 содержит 250 витков ПЭВ-2 0,47 рядовой намотки в шесть слоев на каркасе ⌀ 8 мм и снабжена для подстройки сердечником 1500НМ3 ⌀ 4,5 и длиной 17 мм. Переменный резистор R_2 — проволочный типа ППЗ или ему подобный.

Схемы сведения лучей для транзисторного цветного телевизора

Если в цепях строчной развертки на транзисторах импульс возбуждения схемы формирования сигналов сведения по горизонтали получается довольно легко, то бестрансформаторные цепи кадровой развертки на транзисторах не

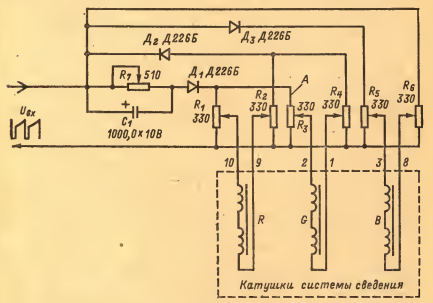


Рис. 3-96.

обеспечивают сигналов параболической и треугольной форм, необходимых для работы схемы сведения по вертикали. Поэтому для формирования этих сигналов необходимы схемы сведения по вертикали, отличающиеся от применяемых в ламповых телевизорах (рис. 3-93).

На вход схемы на рис. 3-96 необходимо подавать однополярное пилообразное напряжение, снимаемое непосредственно с отклоняющей системы. Схема представляет собой три моста, каждый из которых состоит из диодов и резисторов. В диагонали мостов включены кадровые катушки электромагнитов сведения лучей. На катушках электромагнитов создается напряжение треугольной формы, ток же, текущий через них, имеет параболическую форму. Так как для сведения «синего»

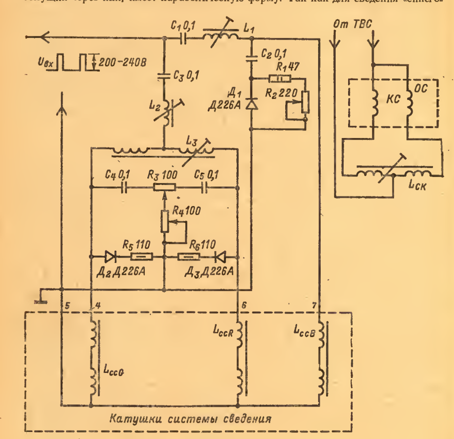


Рис. 3-97.

луча по вертикали требуется, как правило, сигнал меньшего напряжения с заметно выраженной пилообразной составляющей, мост формирования сигнала сведения «синего» луча содержит диод $Д_3$ только в одном плече.

Переменными резисторами R_1, R_3 и R_5 регулируют сведение лучей в нижней части растра, а R_2 и R_4 — сведение «красного» и «зеленого» лучей в верхней его части. Резистор R_6 служит для перемещения синих горизонтальных линий растра по вертикальной оси. Схема на рис. 3-96 при подаче на ее вход напряжения с пилообразной составляющей 10 В совместно с системой сведения РС-90ЛЦ обеспечивает удовлетворительное сведение лучей по вертикали в кинескопах 59ЛК3Ц и 40ЛК4Ц с отклоняющей системой ОС-90ЛЦ2. С кадровыми катушками си-

стемы сведения схему соединяют в соответствии с номерами контактов системы сведения, которые указаны на рис. 3-96.

Иногда из-за производственных допусков как отклоняющей системы, так и кинескопа наблюдается «пересведение» красной и зеленой линий в нижней части растра. Для формирования сигналов сведения «красного» и «зеленого» цепь C_1R_7 создает отрицательное напряжение смещения на диоде $Д_1$. В результате сигнал сведения во второй половине периода кадровой развертки формируется с запаздыванием.

В схеме сведения по горизонтали (рис. 3-97) ток параболической формы для сведения «синего» луча образуется в течение первой половины периода строчной развертки за счет разряда конденсатора C_2 через резисторы R_1, R_2 и катушку системы сведения $L_{ССВ}$, а также через цепь, образованную катушкой L_1, конденсатором C_1 и обмоткой трансформатора строк, с которой снимаются импульсы напряжения $U_{вх}$ к блоку формирования. При этом диод $Д_1$ закрыт напряжением, образующимся на резисторах R_1 и R_2. После окончания разряда конденсатора C_2 диод $Д_1$ открывается, шунтируя резисторы R_1 и R_2; благодаря накопленной в катушках L_1 и $L_{ССВ}$ энергии в этой же цепи начинается заряд конденсатора C_2. Форма тока в катушке системы сведения $L_{ССВ}$ получается при этом близкой к параболической, причем с большей крутизной ветвей, чем в схемах сведения по горизонтали ламповых телевизоров. Это способствует улучшению сведения синего луча в вертикальном направлении на концах строк.

Конденсатор C_1 препятствует ответвлению значительного тока разряда конденсатора C_2 через индуктивность L_1 и обмотку трансформатора строчной развертки. При регулировке индуктивности катушки L_1 добиваются «распрямления» синей центральной строки, а резистором R_2 устраняют перекрещивание синей строки со сведенными красной и зеленой.

Для схем сведения по горизонтали необходимы проволочные переменные резисторы с мощностью рассеивания не менее 3—4 Вт (например, ППЗ-10). Все конденсаторы — МБМ на номинальное напряжение 250 В (C_2 — желательно на 500 В). Диоды должны быть рассчитаны на обратное напряжение не менее 300 В.

Катушки наматывают на каркасах ⌀ 8 мм. Намотка рядовая многослойная. Подстроечные сердечники — из феррита 1500 НМ: ⌀ 4,5 мм, длина 15 мм. Расстояние между половинами катушек $L_{СК}$ и L_3 — 18 мм.

Пределы изменения индуктивности катушек L_1 и L_2 — от 2 до 5 мГ. Дифференциальные катушки $L_{СК}$ и L_3 имеют большое расстояние между своими полуобмотками, поэтому сердечником подстраивают только одну из них, а индуктивность другой половины остается минимальной. Для катушки $L_{СК}$ пределы регулировки индуктивности — 0,17—0,36 мГ для L_3 — 1,7—3,1 мГ.

Катушка $L_{СК}$ содержит 150 + 150 витков провода ПЭВ-2 0,45 с шириной намотки 7 + 7; катушки L_1 и L_2 — 570 витков ПЭВ-2 0,21 с шириной намотки 13 мм, а катушка L_3 425 + 425 витков ПЭВ-2 0,21 с шириной намотки 7 + 7 мм.

3-11. БЛОКИ ПИТАНИЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Наличие в телевизорах нескольких функциональных узлов, выполненных по различным схемам и требующих для своего питания отдельных источников напряжения, определяет ряд особенностей в построении цепей блоков питания. Стремление избавиться от заметного на глаз дыхания изображения при приеме трансляций программ телецентров, питаемых от других энергетических систем, а также при приеме программ цветного телевидения привело к созданию фильтров, обеспечивающих при малых габаритах деталей лучшую фильтрацию выпрямленного напряжения.

Блок питания ламповых телевизоров. Блок питания телевизоров УЛТ-61 по схеме рис. 3-98 удовлетворяет изложенным выше требованиям. Для создания

напряжений +150 В, +225 В и +260 В для питания анодных цепей ламп селектора, УПЧИ, УПЧЗ, УНЧ и блока разверток в блоке имеются два выпрямителя на диодах $Д_{502}$ — $Д_{509}$ по мостовой схеме, выходы которых соединены последовательно. Оба выпрямителя питаются от независимых обмоток с выводами 7—8 и 7′—8′ трансформатора питания $Тр_{504}$. Для фильтрации выходных напряжений от этих выпрямителей используются два фильтра, в которых применен двухобмо-

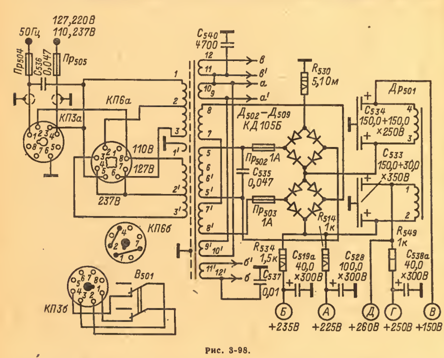


Рис. 3-98.

точный дроссель $Др_{501}$. Обмотки дросселя, расположенные на общем сердечнике, включены таким образом, что создаваемые ими магнитные поля компенсируют друг друга. Благодаря этому величина пульсаций на выходе фильтров уменьшается и устраняется насыщение сердечника, которое может уменьшить индуктивность обмоток.

Блок питания транзисторных телевизоров. Телевизор на транзисторах ППТ-23-2 можно питать как от сети переменного тока с напряжением 110, 127 или 220 В, так и от отдельного аккумулятора напряжением 12 В. При питании телевизора от сети переменного тока используется трансформатор $Тр_1$ выпрямитель, собранный по мостовой схеме на диодах $Д_{28}$ и электронный стабилизатор (рис. 3-99).

Электронная стабилизация осуществляется с помощью составного транзистора T_{31} — T_{32} и схемы сравнения на транзисторе T_{33}. Транзистор T_{32} рассчитан на пропускание всего потребляемого тока и включен последовательно в цепь источника выпрямленного напряжения: транзистор T_{31} управляет током в его базовой цепи. На базу транзистора T_{33} подается напряжение с делителя, образованного резисторами R_{189}, R_{190} и R_{194}, а напряжение на эмиттере поддерживается постоянным при помощи стабилитрона $Д_{29}$.

Увеличение напряжения на выходе стабилизатора вызовет увеличение отрицательного напряжения на базе транзистора T_{33} (*p-n-p*) и соответственно увеличению падения напряжения на резисторе R_{186}, что в свою очередь приведет к увеличению положительного напряжения на базе транзистора T_{31} (*p-n-p*). Напряжение на базе транзистора T_{32} и его сопротивление протекающему току возрастут, что приведет к соответствующему уменьшению напряжения на выходе стабилизатора.

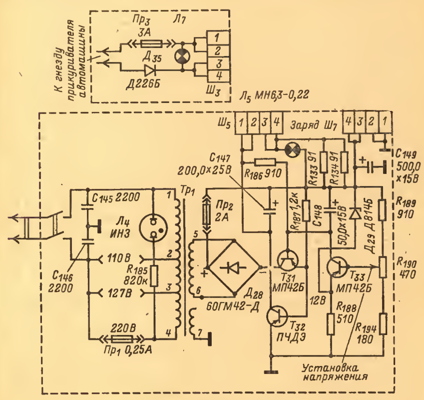


Рис. 3-99.

Особенности блоков питания цветных телевизоров. Для питания анодных цепей ламп оконечных каскадов видеоусилителя яркостного канала, узлов кадровой и строчной развертки необходим источник постоянного напряжения, выходное напряжение которого повышено до 380—390 В. Кроме того, допустимые пульсации на выходе выпрямителей, обеспечивающих такое напряжение, должны быть меньше, чем в черно-белых телевизорах. Объясняется это тем, что повышенный уровень пульсаций может привести к ухудшению сведения лучей, появлению помех в канале цветности и нарушению правильной работы схем цветовой синхронизации (опознавания и выключения канала цветности). По этим причинам в фильтрах выпрямителей цветных телевизоров приходится применять дроссели с большей индуктивностью обмоток и конденсаторы большей емкости, чем в черно-белых телевизорах.

3-12. НАСТРОЙКА ТРАКТОВ ИЗОБРАЖЕНИЯ И ЗВУКОВОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ

Производить настройку и регулировку отдельных блоков и всего телевизора в целом следует лишь после проверки работы блока питания. Для этого нужно убедиться в том, что блок питания обеспечивает подачу требуемых напряжений при полной нагрузке, т. е. при включении питания на все блоки. Измерение напряжения можно производить миллиампервольтомметром любого типа.

Меры безопасности. Производя измерения напряжений, настройку и регулировку блоков, нельзя забывать, что когда телевизор включен в электросеть, в нем имеется высокое напряжение, опасное для человека. Поэтому при всех этих работах следует строго соблюдать меры безопасности. Основными из этих мер являются следующие:

1. Настройку телевизора надо производить одной рукой; вторая рука не должна касаться шасси телевизора или других его деталей, а также приборов и проводящих предметов, расположенных рядом с шасси.

2. Нельзя прикасаться (даже одной рукой) к выводам анода кинескопа и к анодам ламп оконечного узла строчной развертки (6П13С, 6П36С, 6Ц10П, 6Д20П, 1Ц11П, 3Ц18П, 1Ц21П), к выводам трансформаторов ТВК и ТВС, а также к цепям и проводникам схемы, соединенным с ними.

3. Следует избегать прикосновения к цепям схемы, соединенным с источником анодного напряжения, а также к деталям схемы выпрямителя.

4. Рекомендуется пользоваться резиновой перчаткой и инструментами с изолированными ручками.

5. Нельзя производить подключение измерительных приборов, а также монтаж (подпайку, перепайку) деталей во включенном телевизоре. Нужно выключить телевизор, затем подключить приборы либо произвести монтаж или демонтаж той или иной детали, и лишь после этого снова включить телевизор. Этой мерой обеспечивается не только безопасность работы, но и сохранность таких деталей, как транзисторы и микросхемы, которые могут вывести из строя случайные импульсы напряжения, возникающие при подключении приборов и небольшие токи утечки через изоляцию в электрическом паяльнике.

Настроить тракты изображения и звука можно при помощи генератора сигналов и лампового вольтметра или миллиампервольтомметра, а также при помощи генератора качающейся частоты (ГКЧ) типа Х1-7 (ПНТ-59) и ему подобных. ГКЧ используются на промышленных предприятиях и обеспечивают наглядность и быстроту настройки при налаженном поточном производстве. Однако низкая точность настройки режекторных контуров, а также сложность освоения и малая доступность ГКЧ заставляют радиолюбителей отдать предпочтение генератору сигналов и ламповому вольтметру.

Из аппаратуры, которая необходима для настройки трактов изображения и звука, радиолюбителям наиболее доступны: генератор сигналов типа ГС-8 или СГ-1, ГСС типа Г4-1А, ГСС-6 или ГСС-6А; ламповый вольтметр типа ВКС-7, В7-2 или ВЛУ-2; миллиампервольтомметры типа Ц-20 или ТТ-1 (ТТ-2) и им подобные.

Ламповый вольтметр нужен для снятия частотной характеристики видеоусилителя, и если он имеется в распоряжении радиолюбителя, то можно обойтись без миллиампервольтомметра. Если имеется лишь миллиампервольтомметр, то можно выполнить настройку всего тракта изображения, за исключением видеоусилителя. Прежде чем приступить к настройке блоков телевизора при помощи измерительной аппаратуры, необходимо хорошо изучить прилагаемые к ней инструкции по эксплуатации.

Настройка тракта изображения

Настройка УПЧИ блока изображения, изготовленного радиолюбителем, или ненастроенного некондиционного блока от промышленного телевизора производится следующим образом.

Вольтметр переменного напряжения с конечным значением шкалы 10 или 30 В присоединяют к выходу видеоусилителя (к катоду кинескопа) через конденсатор емкостью 0,1—0,5 мкФ, а ВЧ кабель генератора Г3-8 (ГМВ, СГ-1) — ко входу УПЧИ и шасси телевизора (селектор должен быть отключен). Регулятор выходного напряжения генератора устанавливают на нулевую отметку, включив на одно из средних положений ступенчатый делитель этого напряжения и установив внутреннюю модуляцию генератора синусоидальным напряжением НЧ.

После включения приборов и телевизора и их десятиминутного прогрева настраивают режекторные контуры ($L_{303}C_{311}$, $L_{305}C_{313}$, $L_{310}C_{319}$ на рис. 3-25; Ko_5, Ko_6 Ko_8, Ko_9 на рис. 3-29). Для этого устанавливают на шкале генератора частоту, на которую надо настроить один из перечисленных контуров. Доводят выходное напряжение генератора до уровня, при котором вольтметр показывает напряжение 2—4 В. Вращая сердечник катушки настраиваемого контура, добиваются минимальных показаний вольтметра. При настройке контура $L_{303}C_{311}$ (рис. 3-25) минимальных показаний вольтметра следует добиться, регулируя сопротивление подстроечного резистора R_{308}. Затем следует увеличить выходное напряжение генератора и убедиться в том, что при любом изменении положения сердечника указанного контура наблюдается увеличение показаний вольтметра.

После этого настраивают остальные контуры, формирующие характеристику УПЧИ в полосе пропускания. При этом на шкале генератора устанавливают частоты, на которые настраивают эти контуры, и вращением сердечников в их катушках добиваются максимальных показаний вольтметра. По мере подхода к максимальным показаниям нужно уменьшать выходное напряжение генератора во избежание неточной настройки из-за ограничения сигнала в каскадах УПЧИ при слишком большом его уровне.

Проверка правильности настройки УПЧИ производится при таком выходном напряжении генератора, когда усиливаемый сигнал не ограничивается в усилительных каскадах и максимальные показания вольтметра на выходе видеоусилителя не превышают 7—8 В. Поддерживая выходное напряжение генератора на выбранном уровне (контролируется по вольтметру генератора), изменяют его частоту через 1 МГц и на каждой частоте записывают показания вольтметра на выходе видеоусилителя. По полученным данным строят частотную характеристику УПЧИ, которая должна иметь вид, сходный с видом характеристик на рис. 3-26 и 3-30.

Если выходное напряжение в пределах полосы пропускания будет отличаться от напряжения на средней частоте более чем на ±20%, нужно произвести подстройку контуров и снова сравнить полученную частотную характеристику с требуемой.

Проверка АЧХ видеоусилителя производится в том случае, если он сконструирован самостоятельно или после ремонта, связанного с заменой корректирующих дросселей, индуктивность которых оказывает влияние на равномерность этой характеристики. Выход генератора Г4-1А через конденсатор емкостью 1 мкФ подключают ко входу видеоусилителя (KT_9 и KT_4 на рис. 3-25 и 3-29) и к шасси, снимают панельку с цоколя кинескопа и к гнезду панельки, соединявшемуся с катодом, подключают вход ВЧ пробника лампового вольтметра В7-2, корпус которого также соединяют с шасси. Все соединения выполняют короткими проводами.

Выходное напряжение генератора поддерживают равным 1 В, а его частоту изменяют от 0,1 до 6,5 МГц через 0,5 МГц. Для каждого значения частоты отмечают и записывают показания лампового вольтметра. По полученным данным вычерчивают частотную характеристику. Если необходимо, то лучшей равномерности характеристики добиваются, изменяя индуктивность корректирующих дросселей (допустим небольшой подъем на частоте 5 МГц). Режекторные контуры ($L_{318}C_{335}$ на рис. 3-25 и KO_{14}, KO_{15} на рис. 3-29) настраивают по минимуму показаний вольтметра на частоте 6,5 МГц.

Налаживание УПЧИ на интегральных микросхемах при помощи генератора качающейся частоты

Налаживание УПЧИ на интегральных микросхемах (рис. 3-31) начинают с проверки режимов микросхем и транзисторов по постоянному току. Они не должны отличаться от указанных на схеме более чем на ±20%. Режимы микросхем и транзисторов измеряются относительно общего провода при отсутствии сигнала на входе тракта. При этом импульсы обратного хода луча с ТВС на ключевой каскад АРУ не подаются. Режим транзистора T_1 устанавливают подстроечным резистором R_5, а транзистора T_3 в зависимости от выбранного порога срабатывания АРУ — подстроечным резистором R_{16}.

Затем приступают к настройке контуров УПЧИ, отпаяв перемычку между контрольными точками KT_1 и KT_2. Выходной кабель прибора для настройки телевизоров (Х1-7 или аналогичного) подключают через резистор сопротивлением 100 Ом к точке KT_2, а входной кабель (без детекторной головки) к точке, обозначенной на схеме буквой A, через резистор сопротивлением 2—3 кОм. На экране прибора должно появиться изображение АЧХ УПЧИ.

Регулируя ручки прибора *Усиление*, *Средняя частота*, *Вых. напряжение* и *Масштаб*, устанавливают размеры характеристики, удобные для наблюдения. Вращая сердечники катушек L_7, L_8, L_9, добиваются получения формы характеристики, показанной на рис. 3-33, *а*, после чего вновь припаивают перемычку между точками KT_1 и KT_2.

После этого настраивают ФСС. Выходной кабель прибора Х1-7 подключают ко входу ФСС, а входной кабель оставляют подключенным к точке A. Сердечники катушек L_1, L_3 полностью ввинчивают, а катушек L_4, L_6 полностью вывинчивают. Вращая сердечники катушек L_4, L_6, формируют левый склон, а катушек L_1, L_3 — правый склон АЧХ. Изменяя индуктивность катушек L_2 и L_5, добиваются того, чтобы ее неравномерность в полосе пропускания 33,2—36,5 МГц была не более 15%. Необходимый вид характеристики показан на рис. 3-33 *б*.

В последнюю очередь проверяют пределы регулирования усиления УПЧИ. Вращая движок подстроечного резистора R_5, устанавливают напряжение на коллекторе транзистора T_1 (контрольная точка KT_3) равным 8 В. При этом усиление УПЧИ должно уменьшиться на 40 дБ при изменении формы АЧХ в пределах допустимого.

Настройка тракта звукового сопровождения

В зависимости от схемы тракта звука сигнал разностной частоты 6,5 МГц, поступающий на вход УПЧЗ, снимается с нагрузки видеодетектора или видеоусилителя. Несмотря на это при настройке УПЧЗ сигнал от генератора Г4-1А с частотой 6,5 МГц следует подать в ту точку схемы, где он образуется, т. е. на нагрузку видеодетектора.

Настройка УПЧЗ ведется при выходном напряжении генератора 0,5—1 В и включенной модуляции. Центральный провод выходного кабеля генератора через конденсатор 1000 пФ подключают к точке KT_9 (рис. 3-25) или KT_4 (рис. 3-29), а оболочку кабеля — к шасси телевизора.

Вольтметр постоянного напряжения подключают параллельно резистору R_{207} (рис. 3-35) или R_{99} (рис. 3-29). Вращением сердечников катушек L_{318} (рис. 3-25), L_{202} — L_{204} (рис. 3-35) и L_{65} (рис. 3-29) добиваются максимальных показаний вольтметра.

Проверка настройки УПЧЗ производится для определения полосы пропускания после его наладки. Оставив приборы включенными, как и в предыдущем случае, изменяют частоту генератора сначала в сторону уменьшения, а затем в сторону увеличения и отмечают частоты, при которых показания вольтметра уменьшаются на 50% максимального показания на частоте 6,5 МГц. Разность этих частот, отмеченных по шкале генератора, и будет шириной полосы пропускания УПЧЗ. Она не должна быть уже 200 кГц.

Настройка контуров дробного детектора производится при таком же, как и в предыдущем случае, подключении генератора и его выходном напряжении 0,5—1 В на частоте 6,5 МГц. Вольтметр постоянного напряжения подключают параллельно конденсатору C_{219} (рис. 3-35) и C_{95} (рис. 3-29). Вращением сердечника в катушках L_{205} и L_{69} (на тех же рисунках) добиваются максимальных показаний вольтметра. Затем один полюс вольтметра подключают к точкам $КТ_3$ или $КТ_{26}$, а второй — к точке соединения двух дополнительных резисторов сопротивлением по 27 кОм, включенных параллельно C_{219} и C_{95} и к шасси (рис. 3-35 и 3-39). Вращая сердечник катушек L_{206} и L_{70}, добиваются минимальных показаний вольтметра. При правильной настройке последующие повороты сердечника в обе стороны будут приводить к увеличению показаний вольтметра.

Установив частоту генератора 6,5 МГц с внутренней амплитудной модуляцией 30%, отключают вольтметр постоянного напряжения и подключают к точкам $КТ_3$ (рис. 3-35) и $КТ_{20}$ (рис. 3-29) и к шасси телевизора ламповый милливольтметр В3-13. Регулировкой потенциометров R_{213} и R_{102} добиваются минимальных показаний милливольтметра.

Проверка настройки контуров дробного детектора оказывается необходимой, если имеются сомнения в правильности этой настройки. Проверка производится при таком же подключении генератора и вольтметра постоянного напряжения, как и в предыдущем случае. При подаче сигнала с частотой 6,5 МГц и правильной настройке контуров стрелка вольтметра должна оставаться на нулевой отметке его шкалы. Изменяя частоту генератора от указанного значения в обе стороны на ±200 кГц и изменяя полярность включения вольтметра, отмечают его показания. Допустимо, если измеренные напряжения в этих двух случаях будут отличаться друг от друга не более чем на ±20%. Уточнить настройку катушек L_{206} (рис. 3-35) и L_{70} (рис. 3-29) можно во время приема телепередачи, добившись небольшими поворотами их сердечников наилучшего качества звукового сопровождения, без искажений и фона кадровой частоты.

Настройка тракта звукового сопровождения без генератора сигналов

Если в распоряжении радиолюбителя нет генератора сигналов, то достаточно точную настройку тракта звука можно выполнить во время приема телепередачи по сигналам телецентра, используя миллиампервольтомметр Ц-20, ТТ-1 и подобные им приборы. К такой настройке приступают лишь после полной отладки УПЧИ и правильной установки частоты гетеродина, которую производят, ориентируясь на получение наиболее четкого изображения, свободного от окантовок и серых теней на деталях.

Настройка УПЧЗ ведется в такой же последовательности и при таком же подключении вольтметра постоянного напряжения, как и при использовании генератора сигналов. Если в начале настройки показания вольтметра будут малы, то нужно выбрать более чувствительный диапазон измерений и установить максимальную контрастность изображения. По мере настройки контуров УПЧЗ контрастность изображения следует уменьшать, с тем чтобы стрелка вольтметра не отклонялась за пределы выбранного диапазона измерений.

Настройка контуров дробного детектора производится при таких же подключениях вольтметра постоянного напряжения, как и при настройке с генератором. Приступая к настройке контуров с катушками L_{205} (рис. 3-35) и L_{69} (рис. 3-29), нужно установить контрастность изображения максимальной и снижать ее по мере достижения максимальных показаний вольтметра. Заканчивая настройку этих контуров, следует пройти весь возможный диапазон контрастности, начиная от минимума, и остановиться там, где рост показаний вольтметра с увеличением контрастности замедляется. При этом положении регулятора контрастности начинают настройку второго контура детектора, которую ведут в той же последовательности и таком же подключении вольтметра, как и при настройке

с генератором. Настройку и регулировку второго контура детектора уточняют во время приема телепередачи, добиваясь наилучшего качества звукового сопровождения без искажений и фона.

Настройка УПЧЗ на интегральных микросхемах при помощи генератора качающейся частоты

УПЧЗ на интегральных микросхемах (рис. 3-36) можно настроить при помощи прибора для настройки телевизоров Х1-7 или аналогичного. Выход ГКЧ прибора подключают ко входу УПЧЗ (*Вход*). Детекторную головку осциллографа прибора присоединяют к контрольной точке KT_1. Ручками *Усиление* и *Масштаб* устанавливают размеры кривой, удобные для наблюдения.

Вращая сердечники катушек L_1 и L_2, добиваются АЧХ на экране электронно-лучевой трубки прибора, показанной на рис. 3-100, *а*.

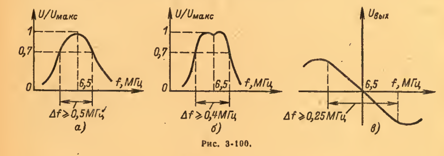


Рис. 3-100.

Далее переносят детекторную головку прибора на контрольную точку KT_2 и, вращая сердечники катушек L_4 и L_5, добиваются соответствия АЧХ на экране кривой на рис. 3-100, *б*.

После этого ко входу осциллографа прибора подключают кабель без детекторной головки и соединяют выводы этого кабеля с контрольной точкой KT_3 и общим проводом. Вращая сердечник катушки L_5 и движок подстроечного резистора R_1, стремятся получить на экране осциллографа кривую, показанную на рис. 3-100, *в*.

Налаживание яркостного канала цветного телевизора

Налаживание яркостного канала на интегральных микросхемах (рис. 3-31) начинают с проверки АЧХ предварительного видеоусилителя при включенных контурах режекции сигналов цветности поднесущих частот. Для этого, отпаяв перемычку между контрольными точками KT_8 и KT_9, подключают выходной кабель прибора для настройки телевизора через конденсатор емкостью 10 мкФ к точке KT_9, а входной кабель с детекторной головкой — к эмиттеру транзистора T_5. Затем подают постоянное напряжение 8 В на свободный вывод резистора R_{31}, тем самым подключая режекторные контуры $C_{35}L_{11}$ и $C_{36}L_{12}$. АЧХ предварительного видеоусилителя должна иметь вид, показанный на рис. 3-43, *а*. Этого добиваются настройкой режекторных контуров, на частоты 4,7 и 4 МГц.

Далее проверяют АЧХ видеоусилителя при отключенных режекторных контурах. Для этого напряжение, подаваемое на резистор R_{31}, уменьшают до 0,7 В; АЧХ в этом случае должна иметь вид, показанный на рис. 3-43, *б*. Подъем в ВЧ части характеристики можно изменять, подбирая конденсатор C_{31}. После налаживания яркостного канала восстанавливают перемычку между контрольными точками KT_8 и KT_9.

Налаживаиие видеоусилителей в блоке формироваиия сигиалов цветиости

Налаживание видеоусилнтелей блока формирования сигналов цветиости на интегральных микросхемах (рис. 3-50) следует иачииать с проверки режимов микросхем и траизнсторов по постояииому току.

Затем, используя измернтель АЧХ X1-19 илн X1-7, добиваются получеиия необходимых АЧХ блока. Учнтывая, что для иеискажениого уснления яркостного сигнала, уснлитель должен нметь полосу частот пропускаиия как миииmум 5 МГц (для цветоразностных сигиалов достаточно иметь 1,5 МГц), сигнал с выхода прибора X1-19 следует подать на вход *3* блока. Осциллограф прнбора подключают к выходу *1*. Затем подбирают индуктивность дросселей $Др_2$ н $Др_1$. Дроссель $Др_2$ вместе с конденсатором C_4 обеспечивает необходимую полосу пропускания 5 МГц, а дроссель $Др_1$ формнрует подъем АЧХ на частоте 5 МГц и резкий спад ее на частоте 6,5 МГц. Подбирая резнстор R_8, получают подъем около 10% (рис. 3-101, *а*). Аналогичио настранвают и два других видеоусилнтеля.

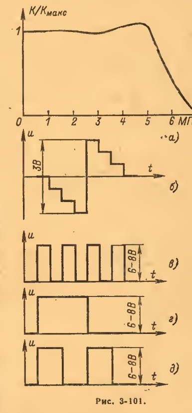


Рис. 3-101.

Дальиейшую регулнровку блока проводят, установив его в цветиой телевнзор н приннмая сигналы испытательной таблицы в виде восьми вертикальных полос. Для этого на вход *1* и вход *2* подают из блока цветиости цветоразностные сигналы E'_{B-Y} и E'_{R-Y}, а иа вход *3* — яркостный сигнал E'_Y. Подключив вертикальный вход осциллографа С1-13 к контрольной точке $КТ_1$ и вращая движок резистора R_1, получают иа экраие осциллографа цветоразиостный сигнал E_{G-Y}, имеющий форму, изображенную иа рис. 3-101, *б*.

Подключая вертикальный вход осциллографа поочередио к контрольным точкам $КТ_2$ — $КТ_4$ и изменяя насыщениость н контрастиость изображения, а также вращая движок резнстора R_{11}, добиваются соответствия сигналов в этих точках нзображениым на рис. 3-101, *в*, *г*, *д*.

Подключая осциллограф к выходам блока, проверяют наличие цветовых сигналов E_B (выход *1*), E_R (выход *2*), E_G (выход *3*). При этом амплнтуда выходных сигналов должиа быть 80—100 В.

Налаживаиие блока цветности на интегральных микросхемах

Налаживание блока (рис. 3-49) начииают с проверки режнмов интегральиых микросхем по постояиному току. Предварительно необходимо в точки *А* и *Б* подать иапряжение +12 В, что соответствует максимальной иасыщеииости нзображения.

Для наблюдения частотных характеристик каскадов используют прибор X1-7 или X1-19. Сигнал ГКЧ прибора подводят к входу блока. Детекторную

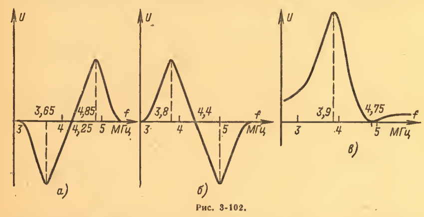


Рис. 3-102.

головку подключают к контрольной точке KT_1. Величину входного сигнала подбирают такой, чтобы не наблюдалось его ограничение, и настраивают контур ВЧ предыскажений («клеш») L_1C_3 на частоту 4,28 МГц.

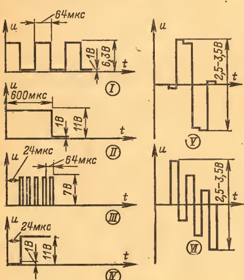


Рис. 3-103.

Затем проверяют работу электронного коммутатора. Для этого детекторную головку подключают поочередно к контрольным точкам KT_2 и KT_3. Соединяя кратковременно выводы *5* или *7* микросхемы MC_8 с положительным полюсом источника питания и переключая тем самым симметричный триггер из одного состояния в другое, убеждаются в наличии на входе каналов $R - Y$ и $B - Y$ прямого и задержанного сигналов.

При настройке контуров частотных дискриминаторов необходимо установить устройство опознавания в такое состояние, чтобы на выводе *1* микросхемы MC_9 было напряжение около 1 В (блок цветности — открыт). Для этого вывод *7* микросхемы MC_9 соединяют кратковременно с положительным полюсом источника питания. Подключив вход прибора X1-7 (без детекторной головки) к выходу *1* блока и вращая сердечники катушек L_2, L_3 и L_4, L_5, добиваются соответствия АЧХ дискриминатора канала $B - Y$ характеристике, изображенной на рис. 3-102, *а*. Положение нулевой точки изменяют сердечником катушек L_4, L_5; сердечником катушек L_2, L_3 регулируют ширину линейной части характеристики. Симметрии кривой относительно линии нулевого

уровня добиваются резистором R_{14}. Аналогично настраивают частотный дискриминатор канала $R - Y$, характеристика которого должна соответствовать характеристике на рис. 3-102, *б*.

Далее настраивают селектор сигналов цветовой синхронизации, предварительно установив триггер кадровых импульсов (микросхема MC_{10}) в такое положение, при котором на выходе *4* микросхемы MC_{10} будет напряжение 1 В. Для этого кратковременно подают положительное напряжение источника питания на вывод *5* микросхемы. Детекторную головку прибора Х1-7 подключают к выводу *8* микросхемы MC_7. Настройкой сердечника катушки L_{14} добиваются соответствия АЧХ селектора характеристике на рис. 3-102, *в*.

Затем блок цветности подключают к цветному телевизору и проверяют работу симметричного триггера на микросхеме MC_8. Подключив вертикальный вход осциллографа С1-13А (или ему подобного) к контрольной точке KT_5, убеждаются в наличии импульсов, изображенных на рис. 3-103 (*I*). Подключив осциллограф к контрольной точке KT_6, проверяют наличие импульса, показанного на рис. 3-103 (*II*).

Селектор сигналов цветовой синхронизации налаживают при приеме цветного изображения. Для этого подключают вертикальный вход осциллографа к контрольной точке KT_4 и на экране наблюдают импульсы, изображенные на рис. 3-103 (*III*). Для окончательной настройки, вращая сердечник катушки L_{14}, добиваются максимальной амплитуды этих импульсов.

Для проверки работы устройства опознавания сигналов цветности вертикальный вход осциллографа подключают к выходу *3*. При приеме цветного изображения на экране осциллографа будет виден импульс, изображенный на рис. 3-103, (*IV*), при приеме черно-белого изображения он будет отсутствовать.

Подключая вертикальный вход осциллографа поочередно к выходам *1* и *2* и подбирая конденсаторы C_{20} и C_{41}, добиваются при приеме таблицы в виде цветных вертикальных полос соответствия формы цветоразностных сигналов осциллограммам, показанным на рис. 3-103 (*V* и *VI*).

3-13. РЕГУЛИРОВКА БЛОКОВ СИНХРОНИЗАЦИИ И РАЗВЕРТКИ

Приступая к регулировке блоков синхронизации и развертки, необходимо убедиться, что блок питания обеспечивает получение необходимых напряжений при полной его нагрузке. Производя регулировку, следует строго соблюдать правила безопасности (см. § 3-12).

Регулировка блоков синхронизации и развертки значительно облегчается, если для этой цели использовать осциллографы типа С1-1 (ЭО-7), СИ-1 (ЭО-6). Низкочастотный осциллограф С1-1 дает возможность контролировать работу селектора синхроимпульсов и генераторов развертки, а осциллограф СИ-1 позволит детально наблюдать форму отдельных синхроимпульсов и импульсов напряжения развертки.

Проверка работы селекторов синхроимпульсов

Проверку производят после настройки блоков УПЧИ и УПЧЗ во время приема телепередачи, которую контролируют по наличию звукового сопровождения.

Подключив вертикальный вход осциллографа ко входу селектора (точка *65* на рис. 3-70 и KT_5 на рис. 3-29) и подобрав необходимую частоту развертки, убеждаются в наличии полного видеосигнала. Затем осциллографом контролируют на выходе селектора (анод пентода $Л_{402}$ и коллекторы транзисторов T_{18}, T_{19}, T_{20}) форму синхроимпульсов, отделенных от видеосигнала (рис. 3-70, 3-29).

Проверка без осциллографа сводится к прослушиванию сигналов на входе и выходе селектора после подачи их на вход УНЧ (в точки KT_3 и *3* на рис. 3-35 и 3-29) через конденсатор емкостью 0,1 мкФ. При этом необходимо прекратить

работу задающего блокинг-генератора кадровой развертки, замкнув выводы одной из обмоток трансформаторов $Тр_{401}$ и $Тр_2$ (рис. 3-70 и 3-71).

Если селектор исправлен, то сигналы прослушиваются как фон кадровой частоты.

Проверка работы задающих генераторов строчной и кадровой развертки

Проверку работы задающих генераторов развертки можно производить до настройки УПЧИ и УПЧЗ. Однако окончательную регулировку, связанную с подгонкой частоты, можно выполнить лишь во время приема телепередачи.

Проверка при помощи осциллографа сводится к просмотру и контролю формы импульсных напряжений, вырабатываемых задающими генераторами. При подключении вертикального входа осциллографа к сетке правого (по схеме) триода $Л_{401}$ или $Л_{403}$ (рис. 3-70), коллектору транзистора $Т_{24}$ или эмиттеру $Т_{27}$ (рис. 3-71) можно увидеть импульсное напряжение.

Проверка при помощи миллиампервольтомметра или тестера производится через пробник, представляющий собой пиковый детектор, которым можно обнаружить импульсные напряжения в указанных выше местах цепи. Миллиампервольтомметр включается на измерение постоянного напряжения 30—50 В. По показаниям миллиампервольтомметра можно судить о величине импульсных напряжений в контролируемых точках цепи.

Подгонка частоты необходима при значительных отклонениях параметров деталей схемы, выполняется после настройки УПЧИ и после того, как произведена проверка работы оконечных каскадов строчной и кадровой развертки, а на экране кинескопа получен растр, на котором имеются следы изображения.

Когда частота задающего генератора строчной развертки отличается от требуемой, на экране видны косые широкие темные полосы, образованные гасящими импульсами (границами) незасинхронизированного изображения. Если сопротивление резисторов R_{546}, R_{160}, R_{158}, включенных в цепь базы транзистора или в цепь сетки лампы (рис. 3-70, 3-71), близко к нулю, а полосы на экране расположены справа вниз налево, то нужно уменьшить сопротивление резисторов R_{452}, R_{161}, R_{155}. Если сопротивление переменных резисторов максимально, а полосы на экране расположены слева вниз направо, то сопротивление добавочных резисторов надо увеличить.

Когда частота задающего генератора кадровой развертки отличается от требуемой, кадр изображения движется по экрану. Если сопротивление резисторов R_{543}, R_{120}, включенных в цепь базы транзистора или в цепь сетки лампы, равно нулю, а кадр движется по экрану снизу вверх и остановить его не удается, то нужно уменьшить сопротивление резисторов R_{408}, R_{122} (рис. 3-70 и 3-71). Если сопротивление переменных резисторов максимально, а кадр движется по экрану сверху вниз, то нужно увеличить сопротивление добавочных резисторов.

Проверка оконечных каскадов строчной и кадровой развертки

Если задающие генераторы работают, а растра на экране кинескопа нет, необходимо проверить работу оконечного каскада сначала строчной, затем кадровой развертки.

Проверка оконечного каскада строчной развертки сводится к измерению напряжений, определяющих режим его работы. При нормальной работе каскада на конденсаторе вольтодобавки C_{502} и конденсаторе фильтра выпрямителя фокусирующего напряжения C_{138} (рис. 3-70, 3-71) имеются напряжения, указанные на схемах. Если эти напряжения есть, а растра нет, то нужно проверить работу высоковольтного выпрямителя $Л_{503}$ и $Д_{20}$ — $Д_{22}$. Эта проверка сводится к замеру напряжения, поступающего от указанного выпрямителя на анод кинескопа. Замер производится ампервольтомметром, например, типа ТТ-1 с гирляндой добавочных резисторов, расширяющих пределы измерения до 20 кВ. Гирлянду из пяти резисторов типа ВС-27 МОм и 1 Вт заключают в несколько поливиниловых

трубок, вставленных друг в друга. Измеряя высокое напряженне, следует строго соблюдать меры безопасности.

Если размер растра по горизонтали прн крайнем положенин соответствующего регулятора мал, то нужно увеличить емкость конденсаторов C_{506} и C_{133}. При этом длительность обратного хода возрастет, высокое напряжение на аноде кинескопа уменьшится и это прнведет к увеличению размера растра. Если же размер растра велик, то нужно уменьшить емкость указанных конденсаторов. Из-за возникающего при этом увеличения высокого напряжения повысится яркость изображения, улучшатся его фокусировка и четкость.

При помощи пробника с пиковым детектором можно обнаружить пилообразно-импульсное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_{501}$ и на базах транзисторов T_{27} — T_{29}.

Проверка оконечного каскада кадровой развертки сводится к проверке наличия импульсного напряжения, возникающего на первичной обмотке ТВК ($Тр_{503}$, $Тр_3$ на рис. 3-70 — 3-71) во время обратного хода. Проверку ведут при помощи пробника с пик-детектором. Прн необходимости таким же образом можно обнаружить пилообразно-импульсное напряжение на управляющей сетке лампы $Л_{401}$ и на базах транзисторов T_{23} — T_{25}.

Если размер растра по вертикали недостаточен даже при крайнем положении регуляторов этого размера, то необходимо уменьшить сопротивление резисторов R_{402}, R_{126} в зарядной цепи задающего генератора.

Регулировка схемы АПЧиФ строчной развертки

Подгонку частоты задающего генератора производят, как и ранее, но при выключенном стабилизирующем контуре и при отсутствии синхроимпульсов на входе схемы АПЧиФ. С этой целью выводы катушки стабилизирующего контура L_{401} и L_{73} надо замкнуть, а управляющую сетку (рис. 3-70 и 3-71) триода лампы $Л_{402}$ и базу транзистора T_{19} (рис. 3-29) надо соединить с шасси. В процессе подгонки надо установить такую частоту задающего генератора, при которой бегущий кадр изображения можно было хотя бы на короткое время остановить, оперируя регулятором частоты строк.

Настройку стабилизирующего контура ведут при отсутствии синхроимпульсов на входе схемы АПЧиФ. После подгонки частоты задающего генератора надо разомкнуть выводы катушки стабилизирующего контура. При этом частота задающего генератора может резко измениться. Подстраивая сердечник катушки, надо добиться того, чтобы бегущий по экрану кадр хотя бы на короткое время останавливался. После этого отсоединяют сетку триода $Л_{402}$ или базу транзистора T_{19} от шасси и проверяют работу цепи АПЧиФ во время приема передачи различных телецентров, передающих изображение с привязкой к питающей сети другого энергетического кольца. Если в процессе этой проверки выяснится, что иногда при длительной работе телевизора синхронизация по строкам срывается, то нужно обратить внимание на качество конденсатора, включенного параллельно катушке стабилизирующего контура и заменить его на слюдяной типа КСО группы Г.

Налаживание узла строчной развертки на транзисторах в цветном телевизоре

Налаживание узла (рис. 3-76) осуществляется по осциллографу. При этом отклоняющая система и кинескоп должны быть подключены. Сначала налаживают задающий генератор (транзистор T_3), причем до подачи напряжений питания 40 и 32 В необходимо отключить коллекторы выходных транзисторов T_5, T_{13}. Частоту задающего генератора регулируют переменными резисторами R_8, R_{13}. Скважность импульсов генератора устанавливают резистором R_{20}. Длительность запирающих импульсов на базах транзисторов T_5 и T_6 должна быть равна 18—25 мкс. Далее присоединяют коллектор транзистора T_5 и подстраивают частоту генератора, так как она изменится из-за влияния нагрузки на задающий

генератор и работы системы АПЧиФ. Сердечником катушки L_1 настраивают контур L_1C_{15} на третью гармонику свободных колебаний, контролируя форму, длительность и амплитуду напряжений на коллекторах транзисторов по осциллографу. Если амплитуды напряжения на их коллекторах не равны, то подбирают конденсаторы C_{12} и C_{13}. Затем проверяют полярность импульсов, подаваемых на диоды $Д_7$ и $Д_8$.

Устройство коррекции геометрических искажений растра предварительно настраивают сердечником катушки L_4 при среднем положении движка резистора R_{27} по максимальной амплитуде напряжения на конденсаторе C_{19}. Окончательную настройку катушек L_2 — L_4 и установку движков резисторов R_{26}, R_{27} производят после установки блока в телевизор.

При налаживании источника высокого напряжения проверяют наличие пилообразного напряжения на движке резистора R_{41}. Присоединяют коллектор транзистора T_{13} и, вращая движки резисторов R_{28} и R_{41}, устанавливают длительность открывающего импульса на базе этого транзистора равной 16—20 мкс при токе луча кинескопа 0,1 мА и напряжении на выходе умножителя не более 25 кВ. Вращением сердечника катушки L_5 настраивают контур выходного каскада на транзисторе T_{13} на третью гармонику свободных колебаний. Затем проверяют работу устройства стабилизации, изменяя ток лучей кинескопа и контролируя при этом высокое напряжение и длительность управляющего импульса на базе транзистора T_{13}. Необходимый размер растра по горизонтали устанавливается изменением напряжения питания 40 В.

Налаживание узла кадровой развертки на транзисторах в цветном телевизоре

Перед налаживанием узла кадровой развертки (рис. 3-77) необходимо проверить работоспособность стабилизаторов и подобрать опорные стабилитроны так, чтобы на эквивалентной нагрузке сопротивлением 120 Ом для напряжения источника 42 В и при нагрузке 150 Ом для источника напряжения 12 В получить указанные напряжения. Установив переменный резистор R_{24} в нижнее по схеме положение подключают к источникам питания блок кадровой развертки. Затем проверяют режимы транзисторов по постоянному току и на любом импульсном осциллографе просматривают в контрольных точках форму напряжения. Она должна быть такой, как показано в осциллограммах *I—VIII* на рис. 3-77.

При отсутствии осциллографа кадровую развертку настраивают по испытательной таблице 0249 или УЭИТ, подав синхроимпульсы положительной полярности размахом больше 2 В. Ручкой *Частота кадров* R_5 добиваются неподвижного изображения таблицы на экране телевизора, переменным резистором R_{18} *Симметрия* устанавливают необходимое напряжение на коллекторе транзистора T_5, переменным резистором R_{24} устраняют нелинейность в середине экрана, ручкой *Размер по вертикали* R_{12} устанавливают нормальный размер изображения (цифры вверху и внизу таблицы 0249 должны быть не видны), регуляторами *Линейность* (R_{14}) и *Линейность низа* (R_{25}) добиваются нормальной линейности вверху и внизу изображения.

При нормальной чересстрочности диагональные линии в квадратах *Б3* и *Б6* таблицы 0249 не имеют изломов. При полном спаривании строк четного и нечетного полукадров диагональные линии таблицы становятся шире (четкость понижается в 2 раза) и линии горизонтальных клиньев в центре таблицы расходятся веерообразно.

Регулировка узла сведения лучей в цветном телевизоре

Регулировку сведения следует начинать с совмещения лучей в нижней части растра сначала для «красного» и «зеленого» лучей при выключенном «синем», затем для всех трех лучей вместе. Регулируют сведение лучей несколько раз, каждый раз подстраивая при необходимости сведение их в центре экрана, вращая магниты на системе сведения.

Контролировать сведение лучше всего, подавая на вход телевизора сигнал сетчатого поля; при настройке по таблице 0249, УЭИТ или «шахматному полю» нужно учесть, что черные линии на светлом поле получаются на экране в дополнительных цветах. Вращая магниты в системе сведения и магнит «синего» и добившись при этом чистоты цвета, нужно свести все три луча в центре экрана. При вращении движков резисторов сведения лучи должны сдвигаться вверху и внизу экрана так, как показано на рис. 3-104, *а*. Перемещение лучей в противоположном направлении указывает на неправильную полярность подключения катушек; перемещение в другом направлении (не под углом 120° друг к другу) свидетельствует о неправильной распайке одной из обмоток катушки электромагнита системы сведения. Нужно иметь в виду, что регулировка сведения в нижней части экрана влияет на сведение в верхней.

Рис. 3-104.

При настройке узла сведения по горизонтали (рис. 3-97) необходимо вначале движки обоих переменных резисторов установить примерно в среднее положение, сердечники катушек L_1 и L_2 должны быть полностью введены, а в катушках L_3 и $L_{ск}$ находиться в среднем положении. Сначала, перемещая сердечник катушки $L_{ск}$, устраняют перекрещивание центральных красных и зеленых горизонтальных линий. Затем, вывинчивая сердечник катушки L_2, добиваются сведения красных и зеленых вертикальных линий справа, а изменяя сопротивление резистора R_4 — слева. Неустраняемое изменением индуктивности катушки $L_{ск}$ расслоение центральных красных и зеленых горизонтальных линий по вертикали слева и справа устраняют соответственно регулировкой резистора R_3 и вращением сердечника катушки L_3. Сведения синей горизонтальной центральной линии добиваются изменением индуктивности катушки L_1 и сопротивления резистора R_2. Эту операцию нужно проделать несколько раз, добиваясь получения наилучших результатов, так как регулировки узла взаимозависимы и влияют друг на друга. Возникающее при этом нарушение сведения в центре экрана устраняется с помощью постоянных магнитов системы сведения. При настройке не следует оставлять катушки индуктивности L_1 и L_2 без сердечников во избежание резкого возрастания мощности, рассеиваемой на остальных элементах узла.

Сведение можно считать удовлетворительным, если в центральной части изображения, соответствующей кругу таблицы 0249, расслоение лучей составляет 0,5—1 мм при измерении между серединами соседних линий по горизонтали или по вертикали. На краях центральных вертикальных и горизонтальных линий (20—25 мм от края экрана) допустимо расслоение 1,5—2 мм.

ЭЛЕКТРО-АКУСТИЧЕСКОЕ ЗВУКО-ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

РАЗДЕЛ 4

СОДЕРЖАНИЕ

4-1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Классы качества звуковоспроизведения

Понятия «качество звуковоспроизведения» и «естественность звучания» связаны с явлениями, которые обобщают под понятиями «искажения» и «помехи». При этом не все слушатели реагируют на дефекты звуковоспроизведения одинаково: одни отметят наличие искажений и помех в передаче или звукозаписи, для других они останутся незамеченными. При воспроизведении речи искажения обычно ощущаются меньше, чем при воспроизведении музыки.

Вместе с тем мы нередко согласны пользоваться относительно несложной, недорогой аппаратурой, примиряясь с тем, что звуковоспроизведение несколько отличается от «естественного». По этим причинам имеется несколько классов качества звуковоспроизведения и соответствующее число классов радиовещательных приемников, магнитофонов и электрофонов.

Далее понятие «радиовещательный приемник» (сокращенно «РВ приемник») будем распространять на комбинированные устройства: радиолы, магнитолы, телерадиолы и т. п.

Для каждого класса звуковоспроизведения методами статистики установлены указанные далее показатели.

Класс высший. При звуковоспроизведении по этому классу искажения и помехи «практически незаметны» высококвалифицированным экспертам (музыкантам, звукорежиссерам и др.) и «совершенно незаметны» остальным слушателям, специально приглашенным в качестве экспертов для участия в опытах по оценке качества звучания. Такие оценки дают, когда дефекты не замечают 75—85% специалистов и около 90% остальных слушателей. Это означает, что если слушатели не будут заранее «настроены» на то, что звуковоспроизведение может быть несколько искажено и сопровождаться помехами, они не заметят дефектов звуковоспроизведения.

Звуковоспроизведение по классу «высший» можно получить при приеме радиовещания и звукового сопровождения телевидения на УКВ с ЧМ. Передатчики этих программ имеют рабочий диапазон звуковых частот 30 Гц — 15 кГц при неравномерности частотной характеристики не более 3 дБ, а коэффициент гармоник не превышает 2%. С помощью магнитофона можно получить воспроизведение записей с качеством по классу «высший» при скорости ленты не менее 19,05 см/с.

Класс I. При непосредственном сравнении звуковоспроизведения по классу I с воспроизведением по классу «высший» различие в качестве звучания замечают примерно 20—25% «рядовых» слушателей и около половины профессионально натренированных экспертов.

Программы с качеством по классу I передают радиовещательные станции, работающие в диапазонах ДВ, СВ и КВ с АМ. Их рабочий диапазон звуковых частот 50 Гц — 10 кГц при неравномерности частотной характеристики не более 3,5 дБ, а коэффициент гармоник не превышает 5% (в диапазоне частот 100 Гц — 4 кГц не более 2,5%).

Воспроизведение магнитофонных записей с качеством по классу I можно получить при скорости ленты не менее 9,53 см/с.

Класс II. Звуковоспроизведение с качеством по классу II таково, что при непосредственном сравнении его с воспроизведением по классу «высший» различие замечают примерно половина «рядовых» слушателей и три четверти профессионально натренированных экспертов.

Классу II удовлетворяет радиотрансляционный тракт, состоящий из станционного усилительного оборудования радиоузла, распределительной фидерной и абонентской линии (без громкоговорителя). Следовательно, передачу, получаемую по радиотрансляционной сети, можно записать с качеством по классу II на магнитофон, класс которого не хуже второго. При этом скорость ленты должна быть не менее 9,53 см/с.

Класс III. При непосредственном сравнении звуковоспроизведения с качеством по классу III с воспроизведением по высшему классу искажения и помехи замечают приблизительно три четверти всех слушателей. Звучание с качеством по классу III обычно получается при слушании передач на простые, недорогие радиоприемники, на малогабаритные громкоговорители массового типа по радиотрансляционной сети и при воспроизведении магнитофонных записей при скорости движения ленты 4,76 см/с.

Параметры звуковоспроизводящих устройств

Качество звуковоспроизведения по тому или иному классу достигается в различных системах различными техническими средствами. Если качество воспроизведения передач РВ приемниками в значительной мере определяется параметрами примененных в них громкоговорителей, УНЧ и величиной фона, создаваемого источниками питания, то в обеспечении требуемого качества воспроизведения звукозаписи, кроме того, существенное значение имеют скорость и равномерность вращения диска проигрывающего устройства или движения

магнитной ленты, величина помехи, проникающей с соседней звуковой дорожки, уровень вибраций и другие факторы. При телевизионном приеме на качество звукового сопровождения влияют помехи от сигнала изображения, цепей развертки и питания.

При этом аппаратура данного класса не всегда обеспечивает звуковоспроизведение с качеством по такому же классу. Так, например, хотя РВ станции, работающие в диапазонах ДВ, СВ и КВ, и передают программы с качеством по классу I, однако необходимость иметь высокую селективность при радиоприеме, особенно при наличии помех, приводит к тому, что звуковые частоты выше 6 кГц воспроизводят существенно ослабленными даже радиолы классов «высший» и I. Такие приемники могут обеспечить звуковоспроизведение радиопрограмм всех видов с качеством, соответствующим своему классу, только при приеме на УКВ с ЧМ.

В табл. 4-1 указаны установленные Государственными стандартами СССР численные значения общих для РВ приемников (ГОСТ 5651-64), ТВ приемников (ГОСТ 18198-72), электрофонов (ГОСТ 11157-65) и бытовых магнитофонов (ГОСТ 12392-71) параметров, при которых может быть достигнуто качество звуковоспроизведения, соответствующее различным классам (при условии, что качество принимаемой радиопередачи или звукозаписи не ниже по классу).

Для двухканальной стереофонической аппаратуры это параметры каждого канала. Параметры, указанные для устройства с автономным питанием, относятся также к аппаратуре с универсальным питанием (от электросети и батарей). Если ГОСТ не регламентирует какой-либо параметр для аппаратуры данного класса, в соответствующей графе стоят буквы «НН» (не нормируется).

Буквы «НВ» означают, что аппаратура по данному классу не выпускается.

Номинальный рабочий диапазон звуковых частот — один из основных показателей, по которому звуковоспроизводящее устройство относят к тому или иному классу. Чем выше класс аппаратуры, тем шире должен быть этот диапазон.

Аппаратура в напольном (мебельном) оформлении может быть сконструирована с расчетом на воспроизведение более низких частот, поскольку ее акустические системы могут иметь большие объемы (см. § 4-10). Вместе с тем нижние границы рабочих диапазонов частот переносной аппаратуры вследствие ограниченности ее объема вынужденно повышаются.

Ширина рабочего диапазона определяется акустической частотной характеристикой звуковоспроизводящего устройства по звуковому давлению (кривая верности, см. § 4-3), создаваемому его громкоговорителем (громкоговорителями).

Неравномерность акустической характеристики — отношение максимального звукового давления к минимальному в номинальном рабочем диапазоне частот; обычно выражается в децибелах.

Неравномерность частотной характеристики УНЧ — отношение максимального напряжения электрического сигнала на выходе усилителя к минимальному при неизменной величине входного сигнала в номинальном рабочем диапазоне частот; обычно выражается в децибелах.

Требуемые акустические частотные характеристики РВ и ТВ приемников и электрофонов обеспечиваются при условии, что неравномерность частотной характеристики УНЧ не более 2—6 дБ. Об особенностях частотных характеристик усилителей магнитофонов см. разд. 5.

Вместе с тем УНЧ обычно содержат регуляторы тембра — устройства, позволяющие изменять частотные характеристики тракта усиления.

Среднее звуковое давление, развиваемое громкоговорителем, должно быть тем больше, чем выше класс аппаратуры. Это вызвано тем, что с увеличением «запаса» акустической системы по величине звукового давления уменьшается вероятность возникновения заметных нелинейных искажений при воспроизведении наиболее громких звуков, например при передаче звучания симфонического оркестра.

Нелинейные искажения. Всякий тракт усиления и звуковоспроизведения содержит нелинейные элементы. Громкоговоритель (§ 4-3 и 4-4) тоже является

Таблица 4-1

Электроакустические параметры звуковоспроизводящей аппаратуры

Наименование параметра	Вид аппаратуры		Класс аппаратуры				
			Высший (0)	I	II	III	IV
Рабочий диапазон частот по звуковому давлению, создаваемому громкоговорителем при неравномерности частотной характеристики не более 14 дБ, Гц, не уже[1]	РВ приемники стационарные в диапазоне УКВ[2]		(40) 63—15 000	(63) 80—12 000	(80) 100—10 000	150—7100	НН
	Электрофоны		40—18 000	63—16 000	100—10 000	140—7100	НВ
	РВ приемники стационарные в диапазонах КВ, СВ и ДВ		(40) 63—6000	(63) 80—4000	(80) 100—4000	150—3550	200—3000[3]
	РВ приемники переносные в диапазонах	УКВ КВ, СВ, ДВ	— —	150—12 000 150— 4 000	200—10 000 200— 4000	300—7100 300—3550	НН 450—3000[3]
	ТВ приемники		НВ	80—12 500	100—10 000	125—7100	НН
	Магнитофоны бытовые: со входа усилителя мощности	стационарные переносные носимые	НВ НВ НВ	40—16 000 80—12 500 НВ	80—10 000 125— 7100 160— 6300	НН 160—6300 200—5000	НН НН 315—4000
Рабочий диапазон частот по электрическому напряжению, Гц, не уже	На линейном выходе канала запись-воспроизведение бытового магнитофона при скорости ленты	19,05 см/с 9,53 см/с 4,76 см/с	НВ НВ НВ	40—18 000 40—14 000 63— 8000	40—16 000 63—12 500 63— 6300	НН 63—12 500 —	НВ НН 80—6300
	На выходе автомобильного приемника в диапазонах	УКВ КВ, СВ, ДВ	НВ НВ	80—10 000 80— 5000	125—7100 125—4000	125—6300 125—3550	НВ НВ

Продолжение табл. 4-1

Наименование параметра	Вид аппаратуры	Класс аппаратуры				
		Высший (0)	I	II	III	IV
Среднее звуковое давление на расстоянии 1 м, Па, не менее[1]	РВ приемники стационарные с питанием от электросети	1,0	0,80	0,60	0,45	0,35
	РВ приемники стационарные с автономным питанием	НВ	0,60	0,40	0,25	0,20
	РВ приемники переносные	НВ	0,4	0,25	0,23	0,10
	РВ приемники автомобильные	НВ	0,3	0,30	0,30	НВ
	ТВ приемники	НВ	0,8	0,60	0,40	НН
	Магнитофоны бытовые с питанием от электросети	НВ	1,0	0,80	0,60	НВ
	То же с автономным питанием	НВ	НВ	0,60	0,45	0,25
Диапазон ручного регулирования громкости, дБ, не менее	РВ приемники, электрофоны	60	50	50[5]	40[6]	40[6]
	Магнитофоны бытовые с питанием от электросети при воспроизведении	НВ	60[4]	50	40	НВ
	То же с автономным питанием	НВ	НВ	40	30	30
Коэффициент гармоник по звуковому давлению на частотах 200—400 Гц, %, не более	РВ приемники стационарные и переносные[7]	4,0	5,0	5,0	7,0	10
	РВ приемники автомобильные[7, 8]	НВ	6,0	7,0	8,0	НВ
	ТВ приемники	НВ	5,0	7,0	8,0	НН
	Магнитофоны бытовые с питанием от электросети со входа усилителя мощности	НВ	5,0	5,0	7,0	НВ
	То же с автономным питанием	НВ	НВ	7	НН	НН

Продолжение табл. 4-1

Наименование параметра	Вид аппаратуры		Класс аппаратуры: Высший (0)	I	II	III	IV
Коэффициент гармоник по звуковому давлению на частотах выше 400 Гц, %, не более	РВ приемники[7]		3	4,0	4,0	5,0	7,0
	РВ приемники автомобильные[7, 8]		НВ	4,0	5,0	5,0	
	ТВ приемники		НВ	4,0	5,0	5,0	НВ
	Магнитофоны бытовые с питанием от электросети		НВ	3,0	4,0	5,0	НВ
	То же с автономным питанием		НВ	НВ	5,0	7,0	10
Коэффициент гармоник по напряжению, %, не более[10]	На выходе УНЧ электрофона на частотах до 100 Гц		1,5	2,5	4,0	5,0	НВ
	То же на частотах выше 100 Гц до частоты, равной половине верхней		1,0	1,5	4,0	5,0	
Коэффициент гармоник по напряжению, %, не более	На линейном выходе канала запись-воспроизведение бытового магнитофона на частоте 400 Гц		НВ	3	4	4	5
Относительный уровень фона, дБ, не более	РВ приемники	С антенного входа	—54	—44	—40	—30	—30
		Со входа усилителя НЧ	—60	—50	—46	—36	—36
	Электрофоны	Со входа усилителя НЧ	—60	—54	—46	—40	НВ
		Для всего тракта	—50	—46	—40	—34	НВ

Продолжение табл. 4-1

Наименование параметра	Вид аппаратуры		Класс аппаратуры				
			Высший (0)	I	II	III	IV
Относительный уровень помех[9], дБ, не более	ТВ приемники	Канал звука	НВ	—26	—26	—26	НН
	Магнитофоны бытовые, канал воспроизведения	При двух дорожках на ленте	НВ	—52	—48	—45	—43
		При четырех дорожках на ленте	НВ	—48	—44	—42	—40
	То же канал запись-воспроизведение	При двух дорожках на ленте	НВ	—48	—54	—42	—40
		При четырех дорожках на ленте	НВ	—45	—42	—39	—37
Относительный уровень акустического шума, дБ, не более	ТВ приемники		НВ	—30	—40	—40	НН
	Проигрыватели граммофонных пластинок	Приводной механизм	—30	—30	—34	—38	НВ

[1] При радиоприеме на частотах ниже 250 кГц ($\lambda > 1200$ м) допускается неравномерность частотной характеристики по звуковому давлению до 18 дБ. В скобках указаны значения параметров РВ приемников в напольном оформлении.

[2] Такие же частотные характеристики по звуковому давлению должны обеспечиваться со входа УНЧ РВ приемника.

[3] Номинальный диапазон рабочих частот со входа УНЧ не уже 200—6000 Гц.

[4] Такой же диапазон регулирования громкости при записи.

[5] Для электрофонов допускается 40 дБ.

[6] Для РВ приемников классов III и IV с автономным питанием допускается 30 дБ.

[7] Указанные коэффициенты гармоник при радиоприеме соответствуют коэффициенту модуляции 0,5; при коэффициенте модуляции 0,8 допускаются в 1,5 раза большие значения коэффициента гармоник.

[8] Для РВ автомобильных приемников указаны значения коэффициента гармоник по электрическому напряжению при номинальной выходной мощности.

[9] Помехи, создаваемые сигналом изображения, цепями разверток и питания.

[10] При номинальной мощности, равной: для класса 0 10 Вт, для класса I 6 Вт, для класса II «стерео» 2 Вт, для классов II и III «моно» при питании от сети 1,5 Вт и при питании от автономных источников тока 0,5 Вт. Коэффициент гармоник регламентируется без учета искажений, вносимых звукоснимателем.

нелинейной системой: создаваемое им звуковое давление непропорционально подводимому к нему электрическому напряжению. Вследствие этого излучаемый громкоговорителем спектр звуковых колебаний содержит составляющие с частотами, которых нет в составе сигнала, поступающего на вход канала — возникают нелинейные искажения. Их величину принято оценивать с помощью коэффициента гармонических искажений (сокращенно коэффициент гармоник); он представляет собой отношение среднеквадратичного значения звукового давления, создаваемого появившимися дополнительными колебаниями с кратными частотами (гармониками), к среднеквадратичному значению звукового давления, создаваемого колебаниями с частотой входного синусоидального сигнала.

Номинальная выходная мощность УНЧ $P_{ном}$ — электрическая мощность на его выходе, обеспечивающая создание громкоговорителем требуемого номинального среднего звукового давления при коэффициенте гармоник не выше допустимого. Как видно из табл. 4-1, чем выше класс звуковоспроизводящего устройства, тем большее звуковое давление оно должно развивать. Соответственно увеличивается необходимая номинальная выходная мощность усилителя НЧ.

Максимальная выходная мощность УНЧ $P_{макс}$ — электрическая мощность на его выходе, при которой коэффициент гармоник выходного сигнала (по напряжению) достигает 10%. Определяют этот параметр, подавая на вход усилителя синусоидальный сигнал.

Входные параметры УНЧ имеют большое значение в обеспечении должного качества звуковоспроизведения. Основными входными параметрами усилителя НЧ являются: полное входное сопротивление в рабочем диапазоне частот $z_{вх}$, и номинальное входное напряжение $U_{вх}$, т. е. действующее значение напряжения на входе УНЧ, при котором получается номинальная выходная мощность (для магнитофона нормальный уровень записи). Параметр $U_{вх}$ называют часто чувствительностью тракта УНЧ.

Параметры входа УНЧ для подключения звукоснимателя. РВ приемники: $U_{вх} \leqslant 0{,}25$ В, $z_{вх} \geqslant 0{,}5$ МОм при $f = 1{,}0 \div 1{,}6$ кГц. Магнитофоны: $U_{вх} = 0{,}15 \div 0{,}5$ В, $z_{вх} \geqslant 0{,}4$ МОм при $f = 400$ Гц. Электрофоны: $U_{вх} = 0{,}2 \div 0{,}25$ В, $r_{вх} = 0{,}4 \div 1{,}0$ МОм при $f = 1$ кГц, $C_{вх} \leqslant 180$ пФ — для высокоомного звукоснимателя, $U_{вх} = 3{,}0 \div 5{,}0$ мВ, $r_{вх} = 38 \div 56$ Ом при $f = 1$ кГц — для низкоомного (электромагнитного) звукоснимателя.

Параметры микрофонного входа (в частности, в магнитофоне). Стандартное сопротивление нагрузки динамического микрофона при его включении без трансформатора равно 250 Ом. Такого же порядка выбирают и $U_{вх}$ для микрофонного входа транзисторного УНЧ. За $U_{вх}$ обычно принимают напряжение, развиваемое микрофоном выбранного типа при воздействии на него звукового давления 0,2 Па на частотах 400—1000 Гц. Чувствительность применяемых при любительской звукозаписи микрофонов (микрофоны класса II А) составляет 0,5—1 мВ.

Параметры входа усилителя магнитофона при записи от приемника. ГОСТ 12392-71 устанавливает, что для такого входа в номинальном рабочем диапазоне частот должно быть $R_{вх} \geqslant 25$ кОм, а номинальное входное напряжение 10—30 мВ.

Параметры входа усилителя магнитофона при записи с радиотрансляционной линии должны иметь следующие значения: 10 кОм, $U_{вх} = 10 \div 30$ В.

Параметры входа усилителя магнитофона при работе от воспроизводящей головки. При расчете параметров усилителя магнитофона в режиме воспроизведения за $U_{вх}$ принимают напряжение, развиваемое магнитной головкой.

Стандартные параметры линейного выхода усилителя магнитофона. Согласно ГОСТ на бытовые магнитофоны полное выходное сопротивление усилителя магнитофона в рабочем диапазоне частот должно быть не более 10 кОм, а действующее напряжение на выходе, соответствующее максимальной выходной мощности канала воспроизведения, должно быть 0,25—0,5 В.

Диапазон ручного регулирования громкости звуковоспроизводящей аппаратуры должен быть тем шире, чем выше класс ее, поскольку если акустическая

система способна развить большее звуковое давление, то может встретиться необходимость снижать уровень громкости.

Плавное регулирование громкости как при больших, так и малых уровнях сигнала получают, применяя переменный резистор с обратнологарифмической функциональной характеристикой (вид *В* — см. § 12-2). В устройствах, соответствующих классу II и выше, применяют тонкомпенсированные регуляторы громкости.

Допустимые фон и помехи. Чем выше класс приемника, электрофона, тем меньше должен быть относительный уровень фона на его выходе. Последняя величина определяется как отношение напряжения, обусловленного наводкой в тракте передачи и усиления с частотой питающего переменного тока и с кратными частотами, к напряжению полезного сигнала, соответствующего номинальному значению выходной мощности.

Чем выше класс телевизора или магнитофона, тем меньше должен быть относительный уровень помех, возникающих в самой аппаратуре. В магнитофоне помехи вносятся источником питания (фон), магнитной лентой (шумы, детонация) и сигналами, проникающими с других звуковых дорожек ленты. В канале звукового сопровождения телевизора помехи наводят цепи питания, цепи развертки и сигналы изображения. Относительный уровень напряжения помех в магнитофонах и телевизорах также измеряется при напряжении сигнала, соответствующего номинальному значению выходной мощности.

Параметры стереофонических систем. Если система передачи-приема или звукозаписи-звуковоспроизведения является одноканальной (монофонической), то даже аппаратура с параметрами, соответствующими высшему классу, не даст натурального звучания в том смысле, что в звуковоспроизведении не будет «акустической перспективы» — слушатели будут чувствовать, что звук излучает небольшая поверхность. Отсутствие акустической перспективы особенно заметно при воспроизведении звучания симфонического оркестра, хора и тому подобных больших ансамблей.

С помощью применяемой в настоящее время двухканальной стереофонической системы получают весьма близкую к естественной акустическую перспективу звуковоспроизведения.

К двухканальной стереофонической аппаратуре предъявляются дополнительные требования, важнейшими из которых являются: 1) различие в усилении обоих каналов усиления НЧ (рассогласование их чувствительности) при всех положениях регуляторов громкости не должно превышать 2—3 дБ; 2) частотные характеристики каналов должны мало отличаться друг от друга при всех положениях регуляторов тембра; рассогласование характеристик на каждой данной частоте должно быть не более 2—3 дБ.

Отношение мешающего сигнала, проникающего в данный канал из другого, к номинальному уровню полезного сигнала (в данном канале — переходное затухание) практически должно быть не более 20 дБ на частотах 63—80 Гц; 20 — 35 дБ на частотах 200 Гц и 5 кГц, 25 — 40 дБ на частоте 1 кГц и 20 — 30 дБ на частоте 10 кГц (бо́льшие значения коэффициента переходного затухания относятся к устройствам более высоких классов).

4-2. УСИЛИТЕЛИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Оконечные каскады транзисторных УНЧ

Выбор схемы. Оконечный каскад УНЧ целесообразно выполнять по двухтактной бестрансформаторной схеме с последовательным питанием транзисторов. Такой каскад вносит меньшие частотные и фазовые искажения, чем каскад с трансформаторами. Транзисторы обычно работают в режиме АВ.

Распространенные варианты схем оконечных бестрансформаторных каскадов приведены на рис. 4-1 и 4-2. Каскад на двух транзисторах различной струк-

туры (рис. 4-1, *а*) применяют в малогабаритных РВ приемниках с $P_{ном} \leqslant 0{,}1$ Вт; подобный же каскад на составных транзисторах также различной структуры (рис. 4-1, *б*) применяют, когда нужно получить $P_{ном} = 0{,}1 \div 0{,}5$ Вт. Если нужно иметь бóльшую выходную мощность, применяют усилители с отдельными фазоинвертирующими каскадами, показанные на рис. 4-2. При этом варианты *а* и *б* используют, когда с общим проводом соединен положительный полюс источника питания, а варианты *в* и *г*, когда с общим проводом соединен отрицательный полюс.

Во всех случаях связь с предыдущим каскадом непосредственная: база транзистора T_2 соединяется с коллектором транзистора предыдущего каскада. Терморезисторы R_2 обеспечивают температурную стабилизацию смещения на базах транзисторов T_1 и T_2. В усилителях с малой выходной мощностью (до 0,1 Вт) вместо терморезисторов можно использовать диоды с прямым включением *p-n* перехода.

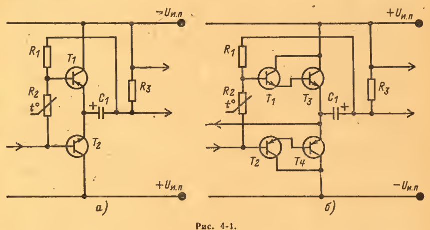


Рис. 4-1.

В усилителе с выходной мощностью порядка нескольких ватт вместо терморезистора для стабилизации режима целесообразно применить транзистор T_5, включая его по схеме на рис. 4-3.

В усилителе, не подверженном значительным колебаниям температуры базы транзисторов можно соединить между собой непосредственно и исключить стабилизирующие резисторы R_6 и R_7. Последние могут отсутствовать также, если транзисторы T_3 и T_4 кремниевые.

Сопротивления резисторов R_4 и R_5 в схемах на рис. 4-2 некритичны; практически применяют резисторы как с бóльшими, так и с меньшими сопротивлениями.

В схемах, где ток смещения на базы транзисторов T_1 и T_2 проходит через громкоговоритель (рис. 4-1, *а*, *б* и рис. 4-2, *а*, *в*) параллельно выходу усилителя необходимо включать резистор R_3, чтобы базы этих транзисторов получали смещение и при случайном отключении громкоговорителя.

В качестве фазоинвертора на входе оконечного каскада иногда применяют согласующий трансформатор с двумя симметричными вторичными обмотками.

Расчет бестрансформаторного каскада. При расчете оконечного каскада бестрансформаторного УНЧ заданными величинами являются номинальная выходная мощность $P_{ном}$ и полное входное сопротивление громкоговорителя $z_г$ (сопротивления головок громкоговорителей стандартизированы см. табл. 4-4).

Номинальная выходная мощность усилителя класса «высший» должна быть не менее 6 Вт, класса I — не менее 4 Вт, класса II — 2—3 Вт, класса III — 1—2 Вт и класса IV — 0,15—0,5 Вт. В стереофонических двухканальных систе-

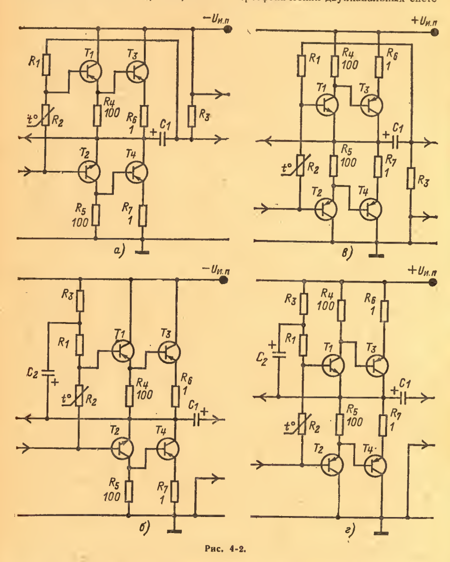


Рис. 4-2.

мах указанную для соответствующего класса выходную мощность должен иметь усилитель каждого из каналов.

Карманные приемники с громкоговорителями делают с $P_{ном} = 0,03 \div \div 0,1$ Вт.

При выборе выходной мощности иужно иметь в виду, что при снижениин иижней граннцы полосы пропускання иа $^1/_2$ октавы иомииальиую выходную мощность нужно увеличивать в 2 раза. Номииальная мощность громкоговорителя (суммарная мощность головок, если в громкоговорителе их несколько) должна быть не меньше номинальной выходной мощности усилителя.

Расчетным путем иужио определить номинальное иапряжеине питания оконечного каскада $U_{и.п}$, потребляемый от источника питания ток, и иа основании расчета выбрать типы транзисторов и параметры элементов схемы. Чтобы прн заданном значенин $P_{ном}$ при условин применеиия обратной связи виосимые оконечным каскадом нелннейные искажеиия были бы достаточио малыми, расчет каскада нужно вестн на выходную мощность, в n раз бо́льшую $P_{ном}$ [Вт]. Номинальное напряжение питания определяют по формуле

$$U_{и.п}=\sqrt{8nP_{ном}z_г}+4U_{КЭ\,нас} \qquad (4\text{-}1)$$

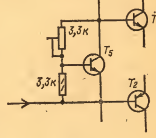


Рис. 4-3.

Для кармаиных приемиников эмпирический коэффициент $n=1{,}5$, для приемииков классов III и IV $n=2{,}0\div2{,}5$ и для приемников более высоких классов $n=3{,}5\div4{,}0$.

Напряжение насыщеиия коллектора германиевых сплавных транзисторов $U_{КЭ\,нас}=0{,}4\div0{,}5$, германиевых сплавно-диффузионных $0{,}6-0{,}7$ В, германиевых конверсионных до 2 В, кремииевых, изготовляемых с применением диффузионной или планарной технологии, $2-5$ В (см. § 12-14).

Если проектируется устройство с питанием от батарен, выбирают ближайшее большее иоминальное значение $U_{и.п}$ из ряда 6, 9, 12 В. При заданном зиачении $U_{и.п}$ (например, если конструируется приемник с питаиием от автомобильного аккумулятора) можио получить выходиую мощность

$$P_{ном}=\frac{(U_{и.п}-4U_{КЭ\,нас})^2}{8nz_г}. \qquad (4\text{-}2)$$

Импульсиое значеиие коллекторного тока транзисторов окоиечиого каскада, работающего в режиме АВ, определяют по формуле

$$I_{К\,и}=\sqrt{2P_{ном}/z_г}; \qquad (4\text{-}3)$$

средиее зиачение коллекториого тока оконечиого каскада

$$I_{К\,ср}=I_{К\,и}/\pi=0{,}32I_{К\,и}. \qquad (4\text{-}4)$$

На основании полученных по формулам (4-1) — (4-4) величии выбирают тип транзистора; он должеи удовлетворять условиям:

$$U_{КЭ\,макс}\geq1{,}2U_{и.п};\quad I_{К\,и.\,макс}\geq2I_{К\,и};\quad P_{макс}\geq0{,}5P_{ном}. \qquad (4\text{-}5)$$

Транзисторы T_1 и T_2 в усилителях по схемам по рис. 4-2, *а—г* должны удовлетворять следующим условиям:

$$\left.\begin{aligned}U_{КЭ\,макс}&\geq1{,}2U_{и.п};\\ I_{К\,макс}&\geq I_{К\,и}/h_{21Э},\end{aligned}\right\} \qquad (4\text{-}6)$$

где $I_{\text{Ки}}$ — импульсное значение коллекторного тока транзисторов T_3 и T_4; $h_{21э}$ — статический коэффициент передачи тока последних в режиме большого сигнала.

Минимально необходимую емкость разделительного конденсатора C_1 (мкФ) определяют по формуле

$$C_1 = \frac{2 \cdot 10^5}{f_{\text{н}} z_{\text{г}}}, \tag{4-7}$$

где $f_{\text{н}}$ — низшая частота номинального рабочего диапазона, Гц; $z_{\text{г}}$ — входное сопротивление громкоговорителя, Ом. Выбирают конденсатор с ближайшей большей стандартной номинальной емкостью.

Сопротивление резистора R_3 в схемах на рис. 4-1, *а*, *б* и 4-2, *а*, *в*

$$R_3 = (10 \div 20)\, z_{\text{г}}. \tag{4-8}$$

Транзисторные каскады предварительного усиления

Входной каскад УНЧ радиолы или электрофона целесообразно выполнить на полевом транзисторе или на кремниевом биполярном транзисторе с возможно большим значением $h_{21э}$ по схеме эмиттерного повторителя; этим достигается высокое входное сопротивление усилителя. Рекомендуемая схема входного каскада на биполярном транзисторе приведена на рис. 4-4. Его входное сопротивление свыше 250 кОм, коэффициент передачи напряжения 0,7 (при выходной нагрузке в виде переменного резистора регулирования громкости сопротивлением 100 кОм).

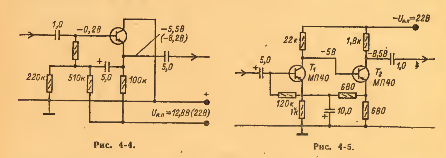


Рис. 4-4. Рис. 4-5.

Промежуточные каскады чаще всего выполняют по схеме с общим эмиттером. Для снижения фазовых искажений применяют гальваническую междукаскадную связь. На рис. 4-5 приведена схема каскадного усилителя типа ОЭ—ОЭ, которую можно рекомендовать для использования в предварительном усилителе; эта схема отличается стабильностью как при колебаниях напряжения питания, так и при изменениях окружающей температуры.

В качестве каскадов предварительного усиления НЧ портативных РВ и ТВ приемников, в том числе автомобильных, рекомендуется использовать микросхемы К2УС245, К2УС371, К2УС372 и т. п. (см. § 12-16).

Типовые схемы подключения источников сигналов к входам УНЧ радиоприемников, радиол, электрофонов и магнитофонов через стандартные низкочастотные штепсельные разъемы типов СШ3—СГ3 и СШ5—СГ5 показаны на рис. 4-6; схемы в верхнем ряду относятся к монофоническим, а в нижнем — к стереофоническим звуковоспроизводящим устройствам и магнитофонам; цепи левого и правого стереоканалов обозначены буквами *А* и *В*. На рис. 4-6, *а* приведены схемы разъемов для подключения звукосніма-

телей к РВ приемникам и электрофонам, на рис. 4-6, *б—г* для подключения к магнитофонам микрофонов с симметричными, несимметричными выходами и трансляционной линии соответственно. На рис. 4-7, *д* показана схема устанавливае-

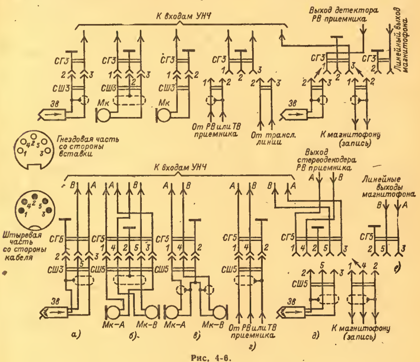


Рис. 4-6.

мых на приемниках (радиолах) гнездовых частей разъемов, через которые подают на входы их УНЧ сигнал от звукоснимателя, либо снимают сигнал для записи на магнитофон, а на рис. 4-6, *е* — схема гнездовой части разъема на линейном выходе магнитофона.

Регулирование усиления

Регулирование усиления (громкости) должно осуществляться с помощью переменных резисторов с экспоненциальной характеристикой. (см. рис. 12-8, *а*). При этом обеспечивается равномерность изменения громкости звуковоспроизведения при различных уровнях входных сигналов. Регулятор усиления включают на входе УНЧ или после первого его каскада, выполняемого обычно по схеме эмиттерного повторителя.

Схема простейшего регулятора громкости показана на рис. 4-7, *а*.

При уменьшении громкости звуковоспроизведения слушатель ощущает непропорциональное ослабление низкочастотных и высокочастотных составляющих сигнала; тембр звучания обедняется. В связи с этим для сохранения качества звуковоспроизведения при уменьшении громкости применяют тонкомпенсированные регуляторы громкости. Последние отличаются тем, что при увеличении или уменьшении с их помощью среднего уровня сигнала на выходе УНЧ его НЧ и ВЧ составляющие изменяются в меньшей

степени, чем среднечастотные. Такие регуляторы должны обеспечивать следующие соотношения между напряжениями различных частот на выходе: при уменьшении составляющей напряжения с частотой 1 кГц на 20 дБ по сравнению с напряжением этой частоты, при котором получается звуковое давление со средней величиной 0,2 Па, составляющая с частотой 100 Гц должна ослабляться лишь на 9—13 дБ, а при уменьшении уровня составляющей с частотой 1 кГц на 40 дБ составляющая с частотой 100 Гц должна ослабляться на 20—24 дБ. На частотах выше 1 кГц частотная характеристика УНЧ при регулировании громкости должна изменяться в несколько меньшей степени.

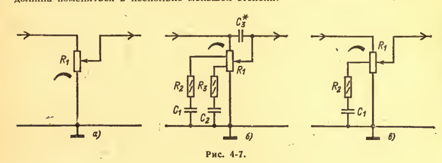


Рис. 4-7.

Тонкомпенсированное регулирование громкости осуществляют с помощью переменных резисторов с отводами, к которым подключают *RC*-цепи согласно схеме на рис. 4-7, *б*. При использовании переменных резисторов ВКУ-2а, ВКУ-2б или СПЗ-7 сопротивлением 470 кОм $R_2 = 10$ кОм, $R_3 = 2{,}7$ кОм, $C_1 = 0{,}01$ мкФ, $C_2 = 0{,}047$ мкФ, $C_3 \approx 22 \div 43$ пФ, а при сопротивлении переменного резистора 100 кОм компоненты должны иметь следующие параметры: $R_2 = 3{,}3$ кОм, $R_3 = 2{,}2$ кОм, $C_1 = 0{,}047$ мкФ, $C_2 = 0{,}1$ мкФ, $C_3 \approx 100 \div 180$ пФ.

Упрощенный тонкомпенсированный регулятор громкости с одной *RC*-цепью выполняется по схеме рис. 4-7, *в*. В нем применяют переменный резистор с одним отводом, например ВКУ-1а, ВКУ-1б, СПЗ-8 и т. п. При сопротивлении переменного резистора $R_1 = 1$ МОм, $R_2 = 47$ кОм, $C_1 = 2200$ пФ, а при $R_1 = 47$ кОм — $R_2 = 1$ кОм, $C_1 = 0{,}47$ мкФ.

Регулирование тембра

Субъективно воспринимаемое звуковоспроизведение часто улучшается при увеличении или уменьшении усиления на верхних или нижних частотах рабочего диапазона по сравнению со средними частотами. Например, в комнате, сильно заглушенной драпировками, коврами и мягкой мебелью, звучание кажется многим приятнее, если верхние звуковые частоты усилены больше чем средние и нижние. Вместе с тем одним слушателям больше нравится звуковоспроизведение с пониженным тембром (выделяется звучание басов), а другим с более высоким тембром (звучание басов ослаблено). Речь звучит более четко, когда диапазон рабочих частот ограничен снизу частотой 300—400 Гц. При помехах радиоприему качество звуковоспроизведения субъективно улучшается ограничением рабочего диапазона со стороны верхних звуковых частот.

Регулирование тембра, т. е. изменение относительной громкости воспроизведения различных частей рабочего диапазона звуковых частот, осуществляют изменением амплитудно-частотной характеристики УНЧ с помощью регуляторов тембра.

В аппаратуре классов «высший» и I применяют регуляторы тембра, с помощью которых можно как увеличивать, так и уменьшать усиление на нижних и верхних частотах рабочего диапазона.

На рис. 4-8, *а* показана широко распространенная схема подобного регулятора. Здесь с помощью переменного резистора R_1 изменяют частотную характеристику тракта в области верхних частот, а с помощью переменного резистора R_2 — в области нижних частот. В регуляторе по варианту схемы, представленному на рис. 4-8, *б*, нажатием кнопки *Кн* получают оптимальную для воспроизведения речи частотную характеристику, не зависящую от положения контактной щетки переменного резистора R_2.

Расчет регуляторов тембра. Регуляторы тембра по схемам на рис. 4-8, *а*, *б* можно выполнить на резисторах и конденсаторах различных номиналов, однако

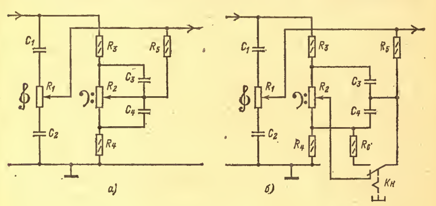


Рис. 4-8.

соотношения их сопротивлений и емкостей должны удовлетворять определенным условиям: номинальные сопротивления переменных резисторов R_1 и R_2 должны быть по крайней мере в 10 раз больше выходного сопротивления предыдущего каскада; практически можно выбрать переменные резисторы с номинальными сопротивлениями в 5—10 раз большими, чем сопротивление резистора в коллекторной (анодной) цепи предыдущего каскада. Входное сопротивление следующего за регулятором каскада должно быть возможно бо́льшим.

Если транзистор каскада, следующего после регулятора тембра, включен по схеме ОЭ, то в регуляторе целесообразно применить переменные резисторы с номинальными сопротивлениями 10 — 33 кОм. Если же транзистор последующего каскада включен по схеме с ОК, то переменные резисторы могут иметь номинальное сопротивление до 100 кОм. В устройствах с электронными лампами оба условия легко выполняются при использовании в их регуляторах тембра переменных резисторов с номинальными сопротивлениями 470 кОм — 1,5 МОм.

Параметры остальных компонентов регулятора тембра при выбранных сопротивлениях переменных резисторов R_1 и R_2 вычисляют следующим образом. Емкость конденсатора C_i определяют по формуле $C_i = 10^8/R_i$, где R_i — сопротивление резистора R_i (R_2) в омах, а C_i — емкость конденсатора C_i в пикофарадах. Сопротивления резисторов R_i, R_2, R_3, R_4, R_5 и R_6 должны находиться в соотношении 1:1:0,1:0,01:0,06: 0,15, а емкости конденсаторов C_i, C_2, C_3 и C_4 — в соотношении 1:15:22:220. Если по расчету получаются не стандартные величины, следует применить резисторы с ближайшими стандартными сопротивлениями и конденсаторы с ближайшими стандартными емкостями. Применение высокоомных переменных резисторов дает возможность использовать в регуляторах тембра конденсаторы относительно малой емкости.

Пример. При использовании в регуляторе тембра переменных резисторов R_1 и R_2 с номинальным сопротивлением 100 кОм резистор R_3 должен иметь со-

противлеине $0{,}1 \cdot 100 = 10$ кОм, резнстор $R_4 - 0{,}01 \cdot 100 = 1$ кОм, R_5 — — 5,6 кОм; резнстор R_6 — 15 кОм; конденсатор C_1 должен нметь емкость $10^8/10^5 = 1000$ пФ, конденсатор $C_2 - 15 \cdot 1000$ пФ $= 0{,}015$ мкФ, $C_3 - 22 \cdot 1000$ пФ $= 0{,}022$ мкФ н $C_4 - 220 \cdot 1000$ пФ $= 0{,}22$ мкФ.

Регулятор с рассчнтаннымн предлагаемым способом параметрамн незави-

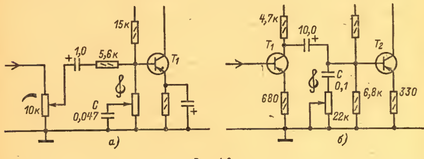


Рис. 4-9.

симо от положення движков переменных резнсторов будет внοснть на средией частоте полосы пропускання 1 кГц затухаиие около 25 дБ. Примерно такое же затуханне будет иметь место на всех частотах в диапазоне 100 Гц — 10 кГц, еслн контактные щеткн переменых резисторов устаиовлеиы в средиие положения. Прн повороте ручек переменных резисторов от упора до упора затухание, вносимое регулятором на частотах 100 Гц и 10 кГц, будет изменяться в пределах $\pm$ 12 дБ.

Опнсанные регуляторы тембра включают между уснлнтельнымн каскадамн.

Упрощенные регуляторы тембра для транзисторных УНЧ. Два варнанта схем таких регуляторов прнведены иа рис. 4-9, *а*, *б*. При перемещенин контактной щеткн переменного резистора вверх (по прннципиальной схеме) шунтнрующее действие конденсатора *С* для верхннх частот полосы пропускання увеличнвается, вследствне чего усиление на этнх частотах сннжается. Прн этом на форму АЧХ звуковоспронзводящего устройства в областн средних и ннжннх частот полосы регулятор практическн не оказывает влияния.

Рекомендуемые схемы транзисторных УНЧ

Схема простейшего УНЧ для портатнвного РВ прнемника класса IV показана на рис. 4-10. При подключеннн к его выходу громкоговорнтеля 0,1ГД-9 илн 0,1ГД-13 ($z_г = 60$ Ом) н $U_{и.п} = 9$ В номннальная выходная мощность усилителя 60 мВт, чувствнтельность 18 мВ, рабочая полоса частот 450 Гц — 3 кГц.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ обеспечивают термостабнлизацню смещення на базах транзнсторов оконечного каскада.

На базу транзистора T_1 поступает НЧ сигнал с регулятора громкостн.

Усилители на микросхемах. Варнанты практическнх схем УНЧ на мнкросхемах в качестве каскадов предварнтельного усилення прнведены на рис. 4-11 — 4-13, а в табл. 4-2 указаны нх параметры. На рнс. 4-11 прнведеиа схема УНЧ с оконечным двухтактным бестрансформаторным каскадом, выполненным на составных транзнсторах разлнчной структуры. В схеме УНЧ по рнс. 4-12, *а* прнменены выходиые транзисторы средией мощности, а в схеме на рнс. 4-12, *б* транзнсторы большой мощностн, прнчем в обоих усилителях выходные транзи-

сторы T_3 и T_4 имеют одинаковую структуру, а фазоинвертирование осуществляется парой транзисторов T_1 и T_2 различной структуры. Усилитель по схеме на рис 4-13 отличается от предыдущих тем, что выход микросхемы связан с оконечным каскадом, выполненным на транзисторах большой мощности, с помощью

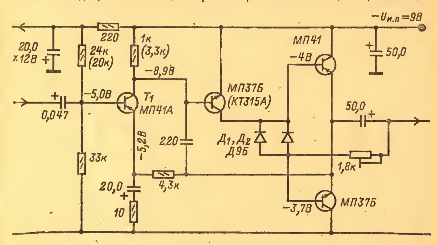


Рис. 4-10.

согласующего трансформатора, имеющего следующие конструктивные данные: магнитопровод Ш5 × 10 из пластин электротехнической стали толщиной 0,35 мм марки Э310; обмотка *I* — 1200 витков ПЭВ-1 0,08; обмотки *IIа* и *IIб* — по 350 витков ПЭВ-1 0,12.

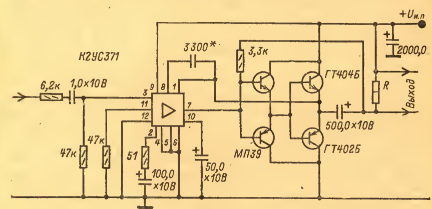


Рис. 4-11.

Мощный усилитель для радиолы электрофона класса I. По схеме на рис. 4-14 может быть выполнен усилитель с номинальной выходной мощностью до 20 Вт. В табл. 4-3 приведены параметры этого усилителя при $P_{ном} = 3$ и 6 Вт; его рабочий диапазон частот 80 Гц — 12 кГц.

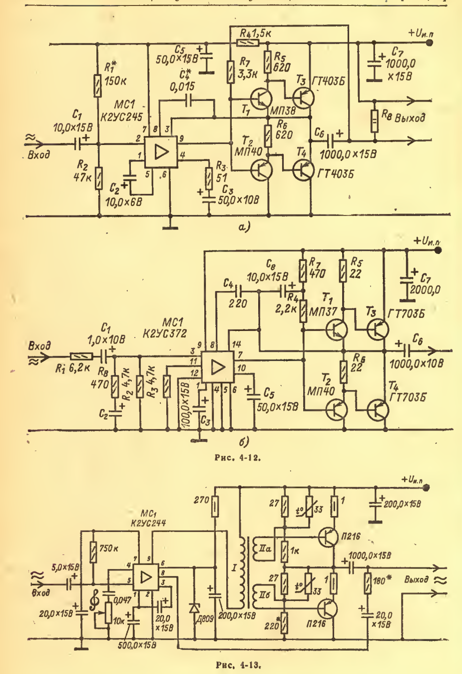


Рис. 4-12.

Рис. 4-13.

Стереофонические двухканальные УНЧ

Двухканальное стереофоническое звуковоспроизводящее устройство содержит два одинаковых УНЧ, которые могут быть выполнены по одной из приве-

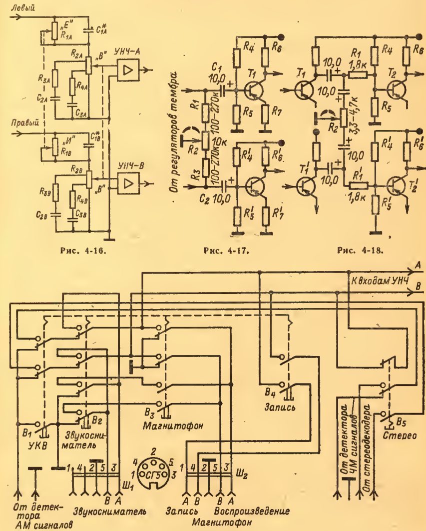


Рис. 4-16. Рис. 4-17. Рис. 4-18.

Рис. 4-19.

денных выше схем. Регулирование громкости и тембра должно осуществляться в обоих каналах одновременно спаренными переменными резисторами.

Стереобаланс, т. е. выравнивание усиления обоих каналов, осуществляют с помощью переменного резистора с функциональными характеристиками вида

Е/И (см. рис. 12-8), включенного на входы УНЧ правого и левого каналов (R_1R_2 на рис. 4-16) последовательно с регуляторами громкости (R_3, R_4). При вращении оси резистора R_1R_2 с увеличением усиления одного канала уменьшается усиление другого, или наоборот.

В качестве регулятора стереобаланса можно применить и одиночный переменный резистор с функциональной характеристикой вида А (R_2 на рис. 4-17, 4-18).

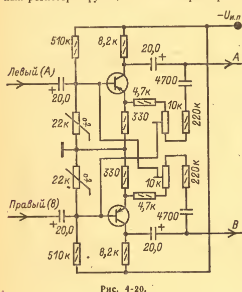


Рис. 4-20.

Схема коммутации выходов двух УНЧ радиолы с детекторами, звукоснимателем и магнитофоном приведена на рис. 4-19. Стереофонический звукосниматель включается в розетку $Ш_1$. Вход усилителя магнитофона подключается к гнездам *2—3—5* розетками $Ш_2$ для записи радиовещательных программ; при этом на магнитофон поступает НЧ сигнал с одного из детекторов радиолы (в зависимости от положения клавиш *УКВ* и *Стерео*). На гнезда *2—1—4* розетки $Ш_2$ можно подать сигнал с линейного выхода магнитофона для использования УНЧ радиолы в качестве мощного усилителя к магнитофону.

Компенсатор переходных помех. При значительном проникновении сигнала из одного канала системы в другой и наоборот (переходные помехи) стереофонический эффект ухудшается. Для борьбы с этим явлением в стереофоническое звуковоспроизводящее устройство вводят компенсатор переходных помех. Действие его заключается в том, что в каждый из усилительных каналов вводят из другого канала сигнал, сдвинутый по фазе, в идеальном случае противофазный по отношению к проникающей переходной помехе. Один из возможных вариантов двухканального стереофонического усилителя с компенсатором переходных помех показан на рис. 4-20.

4-3. ГОЛОВКИ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ

Основные характеристики

Полное электрическое сопротивление головки громкоговорителя $z_г$ — сопротивление переменному току, измеренное на зажимах головки. На основной частоте механического резонанса подвижной системы головки f_0 модуль полного электрического сопротивления достигает значительной величины и с понижением частоты быстро падает до сопротивления звуковой катушки постоянному току. На верхних звуковых частотах $z_г$ постепенно растет из-за влияния индуктивности катушки. При увеличении демпфирования подвижной системы головки модуль полного сопротивления на частоте f_0 уменьшается.

За номинальное сопротивление $z_г$ принимают модуль полного электрического сопротивления на частоте 1 кГц или (для головок) минимальное его значение в диапазоне частот выше частоты основного механического резонанса.

Номинальная мощность $P_{\text{ном}}$ — наибольшая подводимая к головке громкоговорителя электрическая мощность, при которой вносимые головкой нелинейные искажения не превышают определенного уровня.

Номинальную мощность головки громкоговорителя в ваттах выражает число в начале обозначения. Например, 1ГД-28 — головка громкоговорителя динамическая номинальной мощностью 1 Вт, модель 28.

Акустическая мощность — средняя во времени мощность сигнала, излучаемого головкой громкоговорителя.

Частотная характеристика — зависимость от частоты развиваемого головкой громкоговорителя звукового давления в некоторой фиксированной точке звукового поля (обычно эта точка лежит на акустической оси), при постоянной амплитуде напряжения сигнала на ее зажимах.

Вид частотной характеристики определяется условиями испытаний и частично выходным сопротивлением усилителя. Частотную характеристику головки громкоговорителя обычно снимают на открытом воздухе или в заглушенной камере. При измерениях устанавливают головку в стандартный акустический экран или в ее обычное акустическое оформление. На рис. 4-21, *а* указаны размеры стандартного акустического экрана, а на рис. 4-21, *б*, *в* показаны два способа крепления в нем головки громкоговорителя. Частотная характеристика головки в помещении весьма нерегулярна — неравномерность на отдельных частотах может достигать 25 дБ и более; форма частотной характеристики может меняться при перемещении головки и измерительного микрофона.

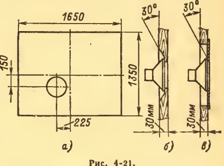


Рис. 4-21.

Слишком малое выходное сопротивление усилителя, используемого в испытаниях, может ослабить излучение звуков нижних частот, а слишком высокое обычно приводит к выделению узкой полосы частот вблизи f_0.

Номинальный диапазон частот — диапазон звуковых частот, в пределах которого неравномерность частотной характеристики головки, измеренной на ее акустической оси, не превышает заданной величины.

Стандартное звуковое давление $P_{\text{ст}}$ — звуковое давление, развиваемое головкой громкоговорителя в точке, лежащей на его рабочей оси на расстоянии 1 м, определяемое при подведении к зажимам напряжения, соответствующего мощности 0,1 Вт при номинальном электрическом сопротивлении головки.

Среднее стандартное звуковое давление $P_{\text{ст.ср}}$ — среднеарифметическое из значений стандартных звуковых давлений на частотах ряда 16, 20, 25, 32 Гц и т. д. через $^1/_3$ октавы, которые входят в номинальный диапазон частот головки громкоговорителя.

Коэффициент нелинейных искажений — отношение действующего суммарного звукового давления на всех частотах, отличных от частоты подводимого к головкам громкоговорителя синусоидального напряжения, к действующему значению звукового давления, развиваемого головкой на всех частотах, включая частоту подводимого напряжения, выраженное в процентах.

Нелинейные искажения вызываются главным образом нелинейностью упругости подвесов подвижной системы головки и проявляются при относительно больших амплитудах ее колебаний. На средних и верхних звуковых частотах искажения этого рода незначительны, однако они быстро растут при понижении частоты.

Коэффициент нелинейных искажений вследствие неоднородности магнитного поля в рабочем зазоре при малых амплитудах, как правило, не превышает 1%; при больших амплитудах он обычно велик.

Нелинейные искажения во многом определяются типом акустического оформления головки громкоговорителя. Например, если головка установлена в правильно рассчитанном фазоинверторе, то искажения, вызванные нелинейностью упругости подвесов, уменьшаются.

Если головка громкоговорителя воспроизводит одновременно звуки двух частот f_1 и f_2, то слушатель воспринимает модулированный звук, спектр которого содержит боковые частоты $f_2 \pm nf_1$ ($n = 0,\ 1,\ 2\ \ldots$). Например, если $f_1 = 50$ и $f_2 = 5000$ Гц, то вследствие модуляции возникает спектр, содержащий частоты $5000 \pm n\,50$ Гц. Эти дополнительные частоты называют комбинационными.

Если оценивать искажения вследствие модуляции корня квадратного из отношения энергии комбинационных частот к общей звуковой энергии, то их значения прямо пропорциональны значениям верхней частоты (в нашем примере 5 кГц) и на верхних частотах могут достигать 10% и более. Искажения этого вида можно значительно уменьшить применением различных головок для воспроизведения нижних и верхних частот (см. стр. 301).

Демпфирование определяет точность воспроизведения головкой коротких звуков. Количественно демпфирование оценивают добротностью полной механической схемы головки

$$Q = 2\pi f_0 M/R, \qquad (4\text{-}9)$$

где M — сумма масс подвижной системы громкоговорителя и соколеблющегося воздуха; R — сумма механического сопротивления в подвижной системе, сопротивления излучения и приведенных к механической схеме электрического сопротивления катушки головки и выходного сопротивления усилителя.

Добротность головки можно изменить введением поглощающего материала в футляр, в котором она установлена, изменением выходного сопротивления усилителя или обоими способами. Выходное сопротивление усилителя может быть уменьшено до незначительной величины использованием отрицательной обратной связи по напряжению. Иногда для улучшения демпфирования применяют положительную обратную связь по току в комбинации с отрицательной обратной связью по напряжению; это позволяет получить выходное сопротивление усилителя равным нулю или даже отрицательным.

Критическое значение демпфирования определяется значением $Q_{кр}$, при котором свободные колебания подвижной системы становятся апериодическими (для головки в акустическом экране $Q_{кр} = 0{,}5$). Дальнейшее увеличение демпфирования незначительно сказывается на передаче коротких звуков, однако может существенно ослабить излучение нижних частот.

Типовые отечественные головки громкоговорителей

Головки громкоговорителей (динамические, прямого излучения) делят на следующие три основных вида, каждый из которых характеризуется номинальным диапазоном частот:

широкополосные — обеспечивающие воспроизведение полной полосы частот, соответствующей тому или иному классу радиолы, электрофона, магнитофона; нижняя частота рабочего диапазона широкополосных головок различных типов $f_н = 63 - 315$ Гц, а верхняя $f_в = 5 \div 12{,}5$ кГц. Наиболее широким диапазоном частот обладают головки с номинальной мощностью 3 — 4 Вт, предназначенные для звуковоспроизводящих устройств I класса, а наиболее узким — головки малой номинальной мощности, используемые в переносной аппаратуре;

низкочастотные — с нижней частотой рабочего диапазона 40 — 63 Гц и верхней не более 5 кГц;

Таблица 4-4

Данные головок громкоговорителей динамических прямого излучения

Тип головки	Неравномерность частотной характеристики, дБ, не более	Номинальный диапазон частот		Частота резонанса f_0, Гц	Среднее стандартное звуковое давление, Па, не менее	Полное электрическое номинальное сопротивление, Ом	Размеры, мм
		$f_н$, Гц	$f_в$, кГц				
				Широкополосные			
0,25ГД-10	15	315	5,0	290 ± 60	0,20	8,0	63 × 63 × 29,5
0,5ГД-30	15	125	10,0	125 ± 50	0,30	16,0	125 × 80 × 47
0,5ГД-31	15	200	10,0	200 ± 30	0,20	16,0	125 × 80 × 47
0,5ГД-37	15	315	7,1	300 ± 50	0,30	8,0	80 × 80 × 37,5
1ГД-36-100	10	100	12,5	100 ± 20	0,20	8,0	160 × 100 × 58
1ГД-36-140	10	140	12,5	140 ± 20	0,20	8,0	160 × 100 × 58
1ГД-37-100	12	100	10,0	100 ± 20	0,28	8,0	160 × 100 × 64
1ГД-37-140	12	140	10,0	140 ± 20	0,28	8,0	160 × 100 × 64
1ГД-39	15	200	6,3	180 ± 20	0,20	8,0	100 × 100 × 37
1ГД-40-100	12	100	10,0	100 ± 20	0,27	8,0	160 × 100 × 45
1ГД-40-140	12	140	10,0	140 ± 20	0,30	8,0	160 × 100 × 45
1ГД-40-180	12	180	10,0	180 ± 20	0,30	8,0	160 × 100 × 45
1ГД-40Р-100	12	100	10,0	100 ± 20	0,28	8,0	160 × 100 × 45
1ГД-40Р-140	12	140	10,0	140 ± 20	0,28	8,0	160 × 100 × 45
2ГД-22	15	100	10,0	100 ± 20	0,20	12,5	82 × 280 × 77
3ГД-38	15	80	12,5	—	0,20	4,0	160 × 160 × 73,6
4ГД-8Е	18	125	7,1	120 ± 20	0,30	4,0	125 × 125 × 49
4ГД-35	10	63	12,5	65 ± 10	0,30	4; 8,0	200 × 200 × 74
4ГД-36	10	63	12,5	65 ± 10	0,20	4; 8,0	200 × 200 × 85
6ГД-3	12	100	10,0	85 ± 15	0,40	4,0	240 × 160 × 87
				Низкочастотные			
6ГД-2	15	40	5,0	30 ± 3	0,27	6,3	252 × 135
6ГД-6	15	63	5,0	80 ± 8	0,10	4,0	125 × 80
8ГД-1	10	40	1,0	25 ± 5	0,20	8,0	252 × 135
10ГД-30	15	63	5,0	32 ± 8	0,15	8,0	240 × 126
				Среднечастотные			
4ГД-6	10	200	5,0	160 ± 30	0,2	8,0	80 × 80 × 38
				Высокочастотные			
2ГД-36	15	2000	20,0	2500 ± 500	0,20	8,0	80 × 50 × 35
3ГД-2	10	5000	18,0	4500 ± 700	0,25	15,0	80 × 80 × 30
3ГД-31	15	3000	18,0	—	0,20	8,0	100 × 100 × 48

Продолжение табл. 4-4

Тип головки	Неравномерность частотной характеристики, дБ, не более	Номинальный диапазон частот		Частота резонанса f_0, Гц	Среднее стандартное звуковое давление, Па, не менее	Полное электрическое номинальное сопротивление, Ом	Размеры, мм
		$f_н$, Гц	$f_в$, кГц				
Разные, устаревших типов							
0,025ГД-2	18	1000	3,0	500 ± 50	0,15	60,0	40 × 16
0,05ГД-1	18	700	2,5	600 ± 100	0,15	60,0	40 × 8
0,05ГД-2	18	700	2,5	600 ± 100	0,15	6,5	40 × 16
0,1ГД-3М	18	630	3,15	550 ± 50	0,18	10,0	50 × 20
0,1ГД-6	18	450	3,15	400 ± 50	0,23	10,0	60 × 27
0,1ГД-9	18	450	3,15	465 ± 15	0,18	60,0	50 × 14
0,1ГД-12	18	450	3,15	430 ± 50	0,20	10,0	60 × 27
0,25ГД-1	15	315	3,55	310 ± 50	0,25	10,0	70 × 36
0,25ГД-2	15	315	7,0	330 ± 70	0,27	10,0	70 × 34
0,5ГД-10	15	200	6,3	200 ± 20	0,23	6,5	105 × 50
0,5ГД-12	15	200	6,3	200 ± 20	0,23	6,5	105 × 35
0,5ГД-17	15	315	5,0	400 ± 70	0,30	8,0	106 × 70 × 37
0,5ГД-20	15	315	5,0	300 ± 50	0,30	8,0	80 × 34
0,5ГД-21	15	315	7,0	300 ± 50	0,30	8,0	80 × 37
1ГД-4	12	100	10,0	120 ± 20	0,30	8,0	150 × 100 × 58
1ГД-3	12	5000	16,0	4500 ± 1000	0,30	12,5	70 × 27
1ГД-5	15	125	7,1	120 ± 20	0,20	6,5	126 × 54
1ГД-18	15	100	10,0	100 ± 20	0,18	6,5	156 × 98 × 48
1ГД-19	15	100	10,0	100 ± 20	0,20	6,5	156 × 98 × 41
1ГД-28	15	100	10,0	100 ± 20	0,20	6,5	156 × 98 × 41
2ГД-19М	15	100	10,0	100 ± 15	0,20	4,5	152 × 52
2ГД-28	15	100	10,0	80 ± 15	0,20	4,5	152 × 52
2ГД-35	15	80	12,5	70 ± 15	0,20	4,5	152 × 52
3ГД-1	10	100	5,0	120 ± 20	0,30	8,0	150 × 54
3ГД-28	18	80	8,0	80 ± 10	0,25	4,5	204 × 134 × 55
4ГД-4	10	63	12,5	45 ± 10	0,30	8,0	202 × 76
4ГД-5	10	63	5,0	45 ± 10	0,30	8,0	202 × 76
4ГД-7	10	63	12,5	63 ± 10	0,30	4,5	202 × 76
4ГД-9	18	100	8,0	120 ± 20	0,25	4,5	204 × 134 × 54
4ГД-28	15	63	12,5	63 ± 10	0,20	4,5	202 × 71
6ГД-3Т	12	100	10,0	85 ± 15	0,40	4,0	240 × 160 × 85

Примечание. В графе «Размеры» для головок с круглыми диафрагмами указаны диаметр и высота, а для головок эллиптической формы — размеры большой оси, малой оси эллипса и высота.

среднечастотные — с нижней частотой диапазона 200 Гц и верхней не более 5 кГц;

высокочастотные, обладающие рабочим диапазоном частот от 2 — 5 до 18 — 20 кГц.

Головки 0,25ГД-10, 0,5ГД-30, 0,5ГД-37, 1ГД-37 и 1ГД-39 (табл. 4-4) предназначены для переносных радиоприемников, телевизоров, магнитофонов и электрофонов с ограниченными полосой пропускания и выходной мощностью.

Головки широкополосные с малой неравномерностью частотной характеристики 1ГД-36, 1ГД-40, 1ГД-40Р, 2ГД-22, 3ГД-38, 4ГД-35 и 4ГД-36 предназначены для стационарных радиоприемников, радиол, телевизоров, магнитофонов и электрофонов с широкой полосой пропускания.

Головки 4ГД-8Е и 6ГД-3, имеющие повышенную чувствительность и высокую механическую прочность, предназначены для автомобильных радиоприемников.

Низкочастотные головки 6ГД-2, 6ГД-6, 8ГД-1 и 10ГД-30, среднечастотная головка 4ГД-6 и высокочастотные головки 2ГД-36, 3ГД-2 и 3ГД-31 предназначены для использования в многополосных акустических системах высшего класса, причем головки 6ГД-6, 10ГД-30, 3ГД-31 — специально для малогабаритных выносных акустических систем.

Малогабаритные акустические системы заводского производства

Серийно выпускаются выносные громкоговорители («акустические системы») 2АС-1 и 10МАС-1 (табл. 4-5), которые могут использоваться в комплекте с бытовой аппаратурой для высококачественного воспроизведения стереофонических и монофонических звуковых программ.

Таблица 4-5

Основные данные выносных акустических систем

Основные данные	Тип акустической системы	
	2АС-1	10МАС-1
Номинальная мощность, Вт	2	10
Полоса воспроизводимых звуковых частот, Гц	125—10 000	63—18 000
Неравномерность частотной характеристики, дБ, не более	18	15
Среднее стандартное звуковое давление, Па, не менее	0,2	0,15
Полное входное сопротивление, Ом	8	6,3
Габаритные размеры, мм, не более	376 × 262 × 190	428 × 270 × 234
Масса, кг, не более	6	10
Объем, л	11,5	18,0

Акустическая система 2АС-1 содержит три головки 1ГД-40 и предназначена для работы в комплекте с кассетными магнитофонами третьего класса «Вильма-302-стерео» и «Вильма-300» (монофонический).

Малогабаритная акустическая система 10МАС-1 состоит из низкочастотной головки 10ГД-30 с резиновым подвесом и высокочастотной головки 3ГД-31; ее применяют в радиолах «Эстония-006-стерео» и «Вега-001-стерео», магнитофонах «Ростов-101-стерео» и «Юпитер-201-стерео», электрофонах «Аккорд-001-стерео» и «Вега-101-стерео».

Простейшие измерения параметров головок громкоговорителей

Полное электрическое сопротивление головки обычно измеряют по схеме на рис. 4-22 при постоянстве амплитуды тока. Сопротивление балластного резистора R_1 должно не менее чем в 20 раз превышать сумму ориентировочного максимального полного электрического сопротивления громкоговорителя и выходного сопротивления звукового генератора *ЗГ*. Сопротивление образцового резистора R_2 должно быть известно и иметь один порядок с предполагаемым сопротивлением головки. Напряжение, подаваемое на головку, должно быть не более напряжения, соответствующего 0,1 $P_{\text{ном}}$ на частоте 1 кГц.

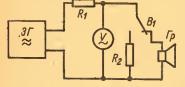


Рис. 4-22.

Измерив вольтметром V падение напряжения на резисторе R_2 и на зажимах головки, по закону Ома можно определить полное электрическое сопротивление головки.

Полная масса подвижной системы $M_{\text{г}}$. Частоту механического резонанса головки f_0 определяют по максимуму его полного электрического сопротивления на нижних частотах. Затем к диффузору головки прикрепляют известную массу m и находят новую резонансную частоту $f_{0,1}$, тогда

$$M_{\text{г}}=\frac{mf_{0,1}^2}{f_0^2-f_{0,1}^2}. \tag{4-10}$$

Гибкость подвесов

$$C_{\text{г}}=\frac{1}{(2\pi f_{\text{г}})^2 M_{\text{г}}}. \tag{4-11}$$

Добротность полной механической цепи головки

$$Q=\frac{f_{\text{п}}}{2\,\Delta f}\,\frac{R_{\text{вых}}+R_{\text{к}}}{R_{\text{м}}-R_{\text{к}}}, \tag{4-12}$$

где $R_{\text{вых}}$ — выходное сопротивление усилителя; $R_{\text{к}}$ — сопротивление катушки громкоговорителя постоянному току; $R_{\text{м}}$ — полное электрическое сопротивление громкоговорителя на частоте f_0; $2\Delta f$ — ширина резонансного пика полного сопротивления на уровне — 3 дБ (0,707) по отношению к $R_{\text{м}}$.

4-4. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Общие положения

Акустическим оформлением головки (излучающей системы, состоящей из группы головок) называют конструкцию (футляр, ящик), в которой головка устанавливается.

В случае монофонической радиолы, магнитофона, телевизора акустическое оформление головки в большинстве случаев выполняется в виде футляра, в котором смонтированы остальные блоки и конструктивные узлы аппаратуры. Применяют также выносное акустическое оформление головок, особенно в стереофонических устройствах. При этом головки располагают в отдельных от остальных частей аппаратуры футлярах или на акустических экранах, имеющих вид деревянных щитов.

Важнейшей задачей акустического оформления является защита передней стороны диффузора головки от звуковых волн, излучаемых его задней стороной. От эффективности этой защиты в большой степени зависит нижняя граница рабочего диапазона частот звуковоспроизводящего устройства.

Головки громкоговорителей в РВ приемниках и радиолах. В переносном приемнике используется обычно динамическая головка с большим стандартным звуковым давлением Из-за небольших размеров такая головка не может эффективно излучать звуки наиболее низких частот.

Частотная характеристика коэффициента передачи усилителя переносного приемника, как правило, имеет некоторый подъем на верхних частотах и резкий спад после 3—4 кГц для увеличения акустического отношения сигнал/шум.

В стационарном РВ приемнике или радиоле головка размещается в ящике с картонной, перфорированной, т. е. по существу открытой, задней крышкой вместе с приемно-усилительной частью. Обострение характеристики направленности головки на верхних частотах приводит к уменьшению в звуковом поле перед громкоговорителем доли отраженных от поверхностей помещения звуковых волн и часто весьма неприятно для слуха. Поэтому в радиовещательных приемниках классов I и высшего кроме двух основных головок, расположенных на фронтальной стенке ящика и излучающих звуки нижних и средних частот, часто имеются две или более ВЧ головок, ориентированных под разными углами. Это приводит к расширению характеристики направленности на верхних частотах и к увеличению доли отраженной звуковой энергии, что часто связывают с понятием «объемное звучание».

Головки громкоговорителей в телевизорах. В телевизионном приемнике большую часть фронтальной панели занимает экран кинескопа, поэтому головки часто располагают на боковых поверхностях ящика, что ухудшает качество звуковоспроизведения. В телевизионных приемниках класса I применяют систему из двух головок — низкочастотной, устанавливаемой на боковой поверхности ящика, и эллиптической высокочастотной, размещенной на фронтальной панели рядом с экраном.

В телевизионных приемниках, имеющих кинескопы с большим углом отклонения, головки устанавливают обычно на фронтальной панели, так как боковое расположение приводит к усилению воздействия полей рассеяния магнитных систем головок на качество изображения.

Расчет акустического экрана

Полное разделение излучений передней и задней сторон диффузора головки требует размещения его в бесконечно большом экране. Подобный же эффект получается, когда задняя сторона диффузора излучает звук в большой, хорошо задемпфированный поглощающим материалом объем

Частотная характеристика головки в бесконечно большом экране в нижней части его рабочего диапазона горизонтальна вплоть до f_0, если $Q = 1$. При критическом демпфировании ($Q = 0{,}5$) уровень акустической мощности головки на частоте $f_г$ падает на 3 дБ. При $Q > 1$ частотная характеристика головки имеет подъем на частоте резонанса или несколько выше.

При конечных размерах акустического экрана наименьшая сторона при заданной нижней граничной частоте $f_{н.э}$ [Гц] должна иметь размер d [м], определяемый по формуле

$$d = (60 \div 170)/f_{н.э}. \qquad (4\text{-}13)$$

Так, например, для выполнения наиболее строгих требований, т. е. принимая в числителе коэффициент 170, при частоте $f_{н.э} = 80$ Гц необходимо иметь $d \geqslant 2{,}1$ м. На частотах ниже $f_{н.э}$ головка ведет себя как излучатель без акустического оформления (на его работу экран практически не влияет), демпфирование головки мало и нелинейные искажения велики.

Вместе с тем излучаемые задней стороной диффузора звуковые колебания с более высокими частотами отражаются от потолка, стен и интерферируют с волнами, излучаемыми передней стороной. Это существенно увеличивает неравномерность звукового поля.

Простейшему акустическому экрану трудно придать вид, достаточно совершенный с эстетической точки зрения. Целесообразно монтировать головку на экране, имеющем форму треугольника, расположенного в вершине телесного угла, образуемого двумя стенами и потолком (на рис. 4-23, *а* цифрой *1* обозначено отверстие для основной головки, а цифрой *2* — для высокочастотной). При этом излучение НЧ составляющих концентрируется в наименьшем телесном угле ($\pi/2$ ср.), но обостряется характеристика направленности на верхних звуковых частотах. Поэтому если нет возможности улучшить распределение звуковой энергии применением дополнительной высокочастотной головки, следует ориентировать головку на сравнительно небольшую зону слушания, ограниченную углом 15° от оси головки, или не ориентировать его на слушателей, компенсируя ослабление верхних частот коррекцией АЧХ усилителя.

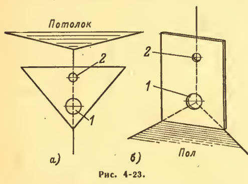


Рис. 4-23.

Другое выгодное положение головки — на прямоугольном экране в вершине двугранного угла, образованного двумя стенами комнаты, изображено на рис. 4-23, *б*. Расстояние от центра головки до верхнего края экрана рассчитывают по формуле (4-13). Качество звуковоспроизведения может быть улучшено мебелью, тяжелыми занавесами, коврами. Слушатели должны размещаться не ближе 1,5 м от громкоговорителя; для двух- и трехполосной системы это расстояние увеличивается.

Расчет футляра без задней стенки

Этот тип акустического оформления трактуется как неплоский экран, фронтальные размеры которого уменьшены введением боковых сторон. Основная частота резонанса такого футляра — ящика

$$f_я = 170/(l + \sqrt{S}), \tag{4-14}$$

где l — глубина ящика, м; S — площадь отверстия, м². Увеличение акустической мощности на основной частоте резонанса на 3—6 дБ при сравнительно плоских и на 6—10 дБ при глубоких футлярах придает излучаемому звуку неестественный тембр. Если $f_я = f_0$, то увеличение акустической мощности на нижних частотах наиболее значительно. Целесообразно использовать головку с частотой резонанса ниже частоты резонанса ящика; наиболее часто встречается соотношение $f_0/f_я = 0{,}5 \div 0{,}7$.

Футляр без задней крышки как акустическое оформление в высококачественных бытовых системах воспроизведения в настоящее время не используют. Если же нет выбора, то футляр должен быть возможно более плоским; его следует располагать не ближе 20 см от стены, которую рекомендуется завесить тяжелым ковром. Если громкоговоритель должен быть размещен на одной из стен помещения, то желательно — на короткой, ближе к ее середине.

Расчет закрытого футляра

Установка головки в закрытом футляре достаточно большого объема позволяет получить удовлетворительное воспроизведение составляющих низших частот, так как передняя сторона диффузора полностью защищается от излучения задней стороны. Это приводит к более медленному уменьшению акустиче-

ской мощности на нижних частотах, чем при установке головки в акустическом экране конечных размеров.

Частоту резонанса головки, установленной в закрытом футляре средних размеров $f_р$, при условии, что головка занимает менее трети площади стенки, на которой она укреплена, определяют в следующем порядке:

определяют гибкость подвеса подвижной системы головки (см. стр. 304);

вычисляют гибкость объема воздуха в футляре по формуле

$$C_в = 2{,}5 \cdot 10^{-5} V/d_г^4, \qquad (4\text{-}15)$$

где V — объем воздуха в футляре [м³], равный его внутреннему объему за вычетом объема головки, который в первом приближении равен $0{,}4\ d^4$ (d — диаметр диффузора [м]);

по отношению $C_г/C_в$ с помощью графика на рис. 4-24 определяют отношение $f_р/f_0$, обеспечиваемое футляром данного объема V. Частоту механического резонанса головки в акустическом экране можно взять из табл. 4-4 или измерить, как указано на стр. 304.

Если нужно с имеющейся головкой получить акустическую систему в виде закрытого футляра с резонансной частотой $f_р$, то требуемый объем футляра определяют в следующем порядке: берут значение резонансной частоты головки f_0 в акустическом экране из табл. 4-4 (или измеряют ее, как указано на стр. 304); определяют гибкость подвесов подвижной системы головки $C_г$; задавшись желаемым отношением $f_р/f_0$, определяют по графику на рис. 4-24 соответствующее ему отношение $C_г/C_в$ и находят требуемую гибкость объема воздуха $C_в$ в закрытом футляре; вычисляют требуемый объем воздуха внутри футляра [м³] по формуле

$$V = 0{,}4 \cdot 10^5 C_в d_г^4. \qquad (4\text{-}16)$$

Рис. 4-24.

Полный внутренний объем футляра получают, добавив к вычисленному значению V объем головки.

Если значение f_0 неизвестно или его определить в акустическом экране достаточно большого размера затруднительно, то можно измерить частоту механического резонанса головки $f_{б.э}$ без экрана и при расчете пользоваться кривой $f_р/f_{б.э}$ на рис. 4-24.

Приведенный расчет справедлив лишь для частот $f < 40/l$ (l — глубина футляра в метрах). В связи с этим заднюю сторону диффузора головки в закрытом футляре нужно защищать от отраженных внутренними стенками звуковых волн, соответствующих более высоким частотам, покрытием этих стенок звукопоглощающим материалом.

Габариты закрытого футляра можно уменьшить, заполнив его стекловатой или другим подобным материалом. Такое заполнение равносильно увеличению объема футляра на 40%.

Если полученная расчетом частота $f_р$ достаточно низка, то головка должна иметь $Q \approx 1$. Если же частота $f_р$ недопустимо высока, то хорошие результаты получаются при снижении добротности до значения $Q \approx 0{,}1$; при этом, конечно, необходим подъем нижних частот в усилителе примерно на 6 дБ/октава, начиная с частоты

$$f = 260/d_г. \qquad (4\text{-}17)$$

Расчет фазоинвертора

Фазоинвертор представляет собой футляр *1* (рис. 4-25) с дополнительным отверстием *3*, расположенным на той же стенке, где укреплена головка *2*, и имеющим площадь, как правило, равную площади диффузора. Задавшись глубиной фазоинверсного отверстия, отношением его сторон, вычислив эффективную площадь диффузора (определяющую площадь отверстия) и приняв резонансную частоту фазоинвертора $f_ф = f_0$, можно определить требуемый объем футляра по номограмме на рис. 4-26.

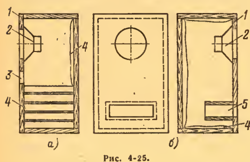


Рис. 4-25.

Глубина фазоинверсного отверстия может быть равной толщине стенки футляра (рис. 4-25, *а*), но может быть приблизительно равной и $30/f_ф$ при использовании туннеля *5* (рис. 4-25, *б*). Значительная длина туннеля позволяет применить маленький ящик, однако расстояние от конца туннеля до задней стенки ящика не должно быть менее $d_г/2$.

Рис. 4-26.

На частоте $f_ф$ фазоинвертор можно рассматривать как акустический трансформатор, улучшающий согласование головки с воздушной нагрузкой. Хотя акустическая мощность, отдаваемая передней стороной диффузора, уменьшается

на этой частоте, общая акустическая мощность может возрасти значительно. Вместе с тем существенно уменьшаются нелинейные искажения и увеличивается номинальная мощность громкоговорителя вследствие уменьшения амплитуды смещения диффузора.

На частотах ниже $f_ф$ реакция гибкости воздушного объема увеличивается и образует жесткую связь между массой воздуха в отверстии и массой подвижной системы головки. Таким образом, масса воздуха прибавляется к массе подвижной системы и вместе с гибкостью подвесов образует механический контур с резонансной частотой $f_1 < f_ф$. Когда диффузор на этой частоте смещается вперед, воздух в отверстии движется назад (и наоборот) и эффективность излучения ничтожна.

На частотах выше $f_ф$ сопротивление массы воздуха в отверстии становится высоким и фазоинвертор можно рассматривать как полностью закрытый футляр. Жесткость воздушного объема прибавляется к жесткости подвесов и вместе с массой подвижной системы образует контур с резонансной частотой $f_2 > f_ф$. Излучение фазоинверсным отверстием на частоте f_2 весьма мало.

Модуль полного электрического сопротивления головки $z_г$ в фазоинверторе имеет обычно два максимума (сплошная кривая на рис. 4-27) на частотах f_1 и f_2, расположенных по обе стороны от частоты резонанса головки в плоском акустическом экране $f_г$ (штриховая линия на рис. 4-27, где R — сопротивление катушки головки постоянному току).

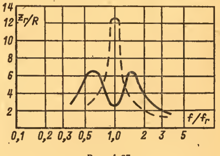


Рис. 4-27.

Пики полного сопротивления головки в фазоинверторе существенно ниже пика полного сопротивления головки в акустическом экране, однако соответствующие им значения Q_1 и Q_2 выше $Q_г$ — добротности головки в экране. Этот недостаток особенно сильно проявляется на частоте f_1, так как увеличение скорости движения диффузора приводит к увеличению нелинейных искажений, заметности которых способствует отсутствие полезного излучения на этой частоте. С этим явлением можно бороться ограничением выходной мощности усилителя на частотах, близких к f_1.

Если желательно, чтобы частотная характеристика звукового давления головки в фазоинверторе была горизонтальна в нижней части рабочего диапазона частот, начиная от f_0, то необходимо выполнить условие $Q_г = 0{,}6$.

При увеличении $Q_г$ значение Q_2 возрастает, а значение $Q_ф$ уменьшается и это вызывает неравномерность частотной характеристики. Если уменьшить $Q_г$ нет возможности, то необходимо хотя бы подавить пик частотной характеристики на частоте f_2, возникающий при $Q_г > 0{,}6$. Это достигается введением в футляр звукопоглощающего материала 4 (см. рис. 4-25). Иногда заполняют стекловатой весь объем, в этом случае полученную расчетом по номограмме на рис. 4-26 площадь фазоинверсного отверстия следует увеличить в 2,5 раза.

Введение в фазоинвертор большого количества звукопоглощающего материала приводит к ослаблению излучения на нижних частотах, и при желании продлить характеристику в сторону этих частот (хотя бы до f_0) следует обеспечить существенный подъем НЧ составляющих в усилителе.

Настройку фазоинвертора производят изменением площади отверстия (например, пластиной, укрепленной так, чтобы ее поворот изменял площадь отверстия) или глубины туннеля. Необходимо стремиться к тому, чтобы частотный интервал, разделяющий резонансные пики полного сопротивления, не отличался значительно от октавы, чтобы амплитуды пиков были равны, а дополнительные

пики, вызванные возникновением стоячих волн в футляре, ликвидировались путем добавления демпфирующего материала.

Преимущество фазоинвертора в сравнении с закрытым футляром такого же объема состоит в увеличении акустической мощности приблизительно на 5 дБ в диапазоне от одной до двух октав и в уменьшении нелинейных искажений в диапазоне частот $f_ф — 2f_ф$ при той же акустической мощности.

Недостатком фазоинвертора являются более быстрое уменьшение акустической мощности на частотах ниже $f_ф$, чем в закрытом ящике, и необходимость настройки.

Конструирование футляров

На одной или нескольких частотах звукового диапазона возможен резонанс стенок футляра, приводящий к неприятному изменению тембра звуковоспроизведения. Это явление проявляется наиболее сильно в частично или полностью закрытых футлярах. Уменьшить вибрации стенок можно, применяя материалы с большой плотностью, например фанеру толщиной не менее 20 мм. Хороший результат дает сухой речной песок, засыпаемый между двумя тонкими фанерными листами. Стенки футляра, в особенности задняя и частично передняя, должны быть усилены деревянными брусками. Возможно использование древесно-стружечных плит.

Демпфирование стенок футляра. Внутренние поверхности футляра *1* (рис. 4-28) должны быть покрыты слоем звукопоглощающего материала *6* тол-

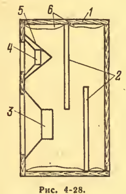


Рис. 4-28.

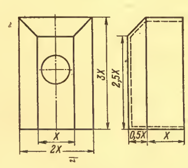


Рис. 4-29.

щиной не менее 10 мм (или одна из пар параллельных поверхностей слоем двойной толщины). Однако стоячие волны на относительно низких частотах при этом не устраняются.

Лучший результат дает разделение объема футляра одной или несколькими звукопоглощающими перегородками *2*, например из войлока толщиной 5 — 10 мм. Секции ящика, которые отделены от головки одной или несколькими перегородками, в этом случае требуют очень слабой акустической обработки. Высокочастотная головка *4* должна быть защищена от излучения задней стороны диффузора НЧ головки несколькими слоями звукопоглощающего материала, или металлическим колпаком *5*. Низкочастотная головка *3* размещается внизу футляра.

Размещение головки. Отверстие, в котором размещается головка, ведет себя как труба, длина которой равна толщине стены или доски. Резонансы и антирезонансы этой трубы, а также отражения от краев отверстия являются причиной неравномерности частотной характеристики, поэтому рекомендуется скашивание краев отверстия или установка головки в более тонком экране, который размещают в стене или в экране нормальной толщины.

Форма футляра. На нижних частотах головка излучает сферические волны, и ребра футляра, особенно те, которые составляет фронтальная стенка, образуют препятствия на пути звуковых волн. Это вызывает искривление фронта волны (дифракцию) и вторичное излучение от ребер, что приводит к возникновению интерференционных явлений, вызывая появление на частотной характеристике пиков и провалов до $\pm$ 5 дБ. С точки зрения борьбы со вторичным излучением идеальная форма футляра — сфера, худшая — куб с головкой в центре одной из сторон. Прямоугольный параллелепипед с головкой, размещенной ближе к одной из коротких сторон, предпочтительнее куба. Однако лучшее приближение к идеалу дает прямоугольная усеченная пирамида, поставленная на прямоугольный параллелепипед (рис. 4-29). При любой форме желательно, чтобы футляр имел различные линейные размеры: ни один из них не должен быть много больше или много меньше других; наибольший размер футляра не должен превышать $^1/_4$ длины волны нижней частоты рабочего диапазона.

Декоративная ткань не должна вызывать значительных потерь акустической мощности. Наиболее пригодна ткань из жестких, крепких (хлопчатобумажных или пластиковых) свободно переплетенных нитей. Применение тканей из мягких и пушистых нитей нежелательно.

Соединение в группы и фазирование головок

Групповое соединение образуют несколько одинаковых головок, размещенных близко одна к другой в одном акустическом экране. Группа головок имеет большую площадь излучения на нижних частотах (что потребовало бы при использовании одной головки значительного увеличения размеров и массы подвижной системы); вместе с тем сохраняются преимущества отдельной головки со сравнительно легкой подвижной системой с точки зрения переходного режима и воспроизведения высоких частот.

Сопротивление излучения каждой головки группы возрастает на низких частотах в *n* раз (*n* — число головок в группе). Это позволило бы получить значительный выигрыш в акустической мощности, если бы одновременно не увеличивалась в $\sqrt{n}$ раз масса колеблющегося воздуха. В результате при $n = 2 \div 4$ акустическая мощность увеличивается значительно, но все же не в *n* раз (при той же подводимой электрической мощности), а дальнейшее возрастание *n* выигрыша почти не дает.

Увеличение массы соколеблющегося воздуха понижает частоты резонанса каждой головки группы и, следовательно, расширяет рабочий диапазон частот, особенно значительно при большом *n*.

Наиболее удовлетворительное соединение головок в группу — параллельное; тогда Q системы не будет отличаться от $Q_г$. Если необходимо, чтобы сопротивление группы было равно сопротивлению одной головки, то с точки зрения лучшего Q группы лучше применить последовательно-параллельное соединение головок (число которых должно быть равно n^2, где $n = 1, 2, 3 \ldots$). При любом соединении головок в группу они должны быть правильно сфазированы: при подключении источника постоянного тока (например, низковольтной батареи) к входным зажимам диффузоры всех головок должны смещаться в одном направлении. Изменение направления смещения диффузора головки производится изменением порядка включения его входных концов.

Если размещение группы головок в закрытом футляре почему-либо затруднено — требуемый объем футляра по расчету получается чрезмерно большим, то головки можно разместить в малом акустическом экране или футляре меньшего объема, заполненном поглощающим материалом, компенсируя ослабление излучения головок на низких частотах соответствующей коррекцией АЧХ усилителя.

К недостаткам группового соединения относится значительная неравномерность частотной характеристики и характеристики направленности на верхних частотах.

Двух- и трехполосные акустические системы

Выбор головки громкоговорителей. Звуковоспроизведение с качеством по классу I обычно можно получить, применяя головку с номинальным диапазоном частот 63 Гц — 12 кГц, либо разделяя полный диапазон частот, соответствующий этому классу, на две полосы. Для обеспечения звуковоспроизведения с качеством по классу «высший» встречается необходимость разделять полный диапазон на три полосы.

Номинальный диапазон частот головки, предназначаемой для воспроизведения той или иной полосы, должен быть шире этой полосы на две октавы при использовании фильтров с крутизной 6 дБ/октава и на одну октаву при использовании фильтров с крутизной 12 дБ/октава. Частоту разделения двухполосной системы выбирают обычно от 400 до 1200 Гц. В трехполосной системе низкочастотное звено может работать на частоте до 300 — 600 Гц, среднечастотное — до 2 — 5 кГц.

Вблизи частоты разделения могут возникнуть значительные искажения, вызванные совместной работой головок. Если расстояния от каждой из головок до слушателя не равны, то частотная характеристика системы может иметь значительную неравномерность, определяемую фазовыми соотношениями приходящих сигналов.

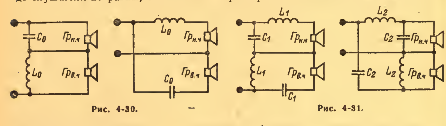


Рис. 4-30. Рис. 4-31.

Разделительные фильтры. Наиболее простое подключение ВЧ головки — через конденсатор, защищающий головку от перегрузки на низких частотах. Такое включение применяется, когда основная головка имеет достаточно широкий частотный диапазон. Емкость конденсатора рассчитывается по формуле

$$C=\frac{160\cdot 10^3}{f_p r_p}, \tag{4-18}$$

где f_p — частота разделения, Гц; r_p — полное сопротивление головки на частоте f_p, Ом.

Фильтр должен быть построен так, чтобы каждая головка работала лишь в той области частот, на которую она рассчитана. Потери в фильтре в полосе пропускания должны быть минимальными.

Индуктивности и емкости фильтра при различной крутизне среза, которая определяется как изменение затухания при изменении частоты на одну октаву, вычисляют по следующим формулам.

Для крутизны спада 6 дБ/октава (фильтр по схеме на рис. 4-30)

$$\left.\begin{aligned} L_0 &= 160 r_p/f_p; \\ C_0 &= 160\cdot 10^3/f_p r_p; \end{aligned}\right\} \tag{4-19}$$

для крутизны спада 12 дБ/октава (фильтр по схеме на рис. 4-31)

$$\left.\begin{aligned} L_1 &= 131 r_p/f_p; \\ L_2 &= 225 r_p/f_p; \\ C_1 &= 225\cdot 10^3/f_p r_p; \\ C_2 &= 113\cdot 10^3/f_p r_p. \end{aligned}\right\} \tag{4-20}$$

В формулах (4-19) и (4-20) индуктивности измеряются в миллигенри, емкости — в микрофарадах. На основе расчета выбирают конденсаторы с ближайшими номинальными стандартными емкостями. Для получения требуемой емкости возможно параллельное соединение нескольких конденсаторов. Очевидно, что если емкость конденсатора отличается от полученной расчетом, частота разделения будет отличаться от заданной.

Если для фильтра нужны конденсаторы с емкостью порядка десятков микрофарад и выше, можно использовать электрические конденсаторы. Так как последние полярны, а будут работать в цепи переменного тока, то в каждом звене фильтра придется применить по два встречно-включенных конденсатора, каждый из которых должен иметь емкость, возможно более близкую к полученной расчетом. В звеньях разделительного фильтра транзисторного усилителя без выходного трансформатора можно применить по одному электрическому конденсатору, соблюдая правильную полярность их включения.

Фильтр для трехполосного акустического агрегата (рис. 4-32) представляет собой комбинацию двух рассмотренных фильтров. Первый из них отделяет низкочастотную область от

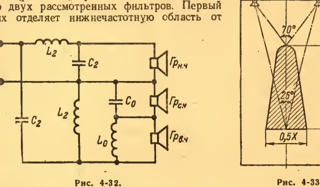


Рис. 4-32.

Рис. 4-33.

среднечастотной; последняя затем делится вторым фильтром. Оба фильтра не обязательно должны иметь одинаковую крутизну среза; они должны лишь рассчитываться на одно сопротивление.

Методика расчета разделительных фильтров базируется на предположении равенства и резистивного характера сопротивлений головок в разделяемых полосах. Так как полное сопротивление головки на частоте разделения может иметь значительную индуктивную составляющую, во избежание частотных искажений в области перекрытия следует учитывать при расчете индуктивность средне- и низкочастотной головки как часть фильтра, т. е. катушку фильтра, включаемую последовательно с головкой, изготовлять с индуктивностью, меньшей расчетной на индуктивность головки.

Если сопротивления головок в звеньях многополосной системы не равны, то следует попытаться подобрать равные сопротивления звеньев путем группового соединения головок (допустимо последовательное соединение ВЧ головок).

Параллельное соединение двух-трех ВЧ головок дает возможность использовать их в сочетании практически с любой НЧ головкой. Возможное расхождение в полных сопротивлениях звеньев акустической системы может быть устранено увеличением входного сопротивления ВЧ звена с помощью делителя напряжения из резисторов.

Если в двух- или трехзвенной системе используется несколько ВЧ головок, то их следует располагать в футляре так, чтобы угол между их осями в горизонтальной плоскости составлял 20—30°.

Если же в многоканальной звуковоспроизводящей системе используется только одна ВЧ головка, имеющая полное сопротивление больше, чем у головки НЧ звена, то с целью выравнивания сопротивления нагрузки разделительного фильтра в области верхних частот, ВЧ головку следует шунтировать резистором.

Стереофонические акустические системы

Параметры громкоговорителей двухканальной стереофонической системы должны быть по возможности идентичны. Громкоговорители следует располагать в соответствии с рис. 4-33, где зона оптимального стереофонического эффекта заштрихована. Ориентирование громкоговорителей зависит от их характеристик направленности и должно быть определено экспериментально.

4-5. РЕВЕРБЕРАТОРЫ

Основные характеристики

Реверберацией называется остаточное звучание (послезвучание), наблюдаемое в помещениях после прекращения действия источника звука. Послезвучание возникает в результате многократных отражений звуковых волн от стен, потолка, пола и других поверхностей. Если же источник продолжает излучать колебания, то звуковое поле в помещении представляет собой совокупность прямого звука и многократных отражений. Реверберация субъективно оценивается как «гулкость» звучания.

Ревербератор представляет собой устройство, имитирующее описанное явление. С этой целью на воспроизводимый сигнал накладывается последовательность его запаздывающих повторений (эхо-сигналов) с постепенно убывающим по мере нарастания времени запаздывания уровнем. Структурная схема звукового тракта с ревербератором P приведена на рис. 4-34.

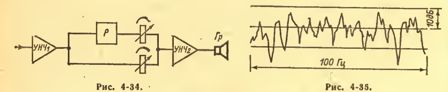


Рис. 4-34. Рис. 4-35.

Основными характеристиками ревербератора являются следующие.

Импульсная реакция — зависимость напряжения на выходе ревербератора от времени при напряжении на входе в виде короткого импульса. Если интервалы времени между следующими друг за другом эхо-сигналами превышают 0,05 с, то на реальном сигнале они могут восприниматься слушателем раздельно (флаттер-эффект), что оценивается как дефект искусственной реверберации, так как в помещении эти интервалы существенно меньше и отдельные эхо-сигналы объединяются в слуховом восприятии. Звучание ревербератора весьма неприятно, если его импульсную реакцию составляют эхо-сигналы, следующие через равные интервалы времени — явление, практически невозможное в помещении.

Время реверберации $T_р$ — время, в течение которого напряжение на выходе ревербератора после выключения источника стационарного сигнала на его входе уменьшается в 1000 раз (уровень спадает на 60 дБ) от первоначального значения. Убывание напряжения должно происходить по экспоненциальному закону, так же как в идеальном случае убывает звуковая энергия в помещении после выключения источника стационарного звукового сигнала.

Эффект искусственной реверберации можно регулировать изменением времени искусственной реверберации, т. е. скорости убывания уровня эхо-сигналов,

создаваемых ревербератором, или изменением соотношения уровней прямого и реверберационного сигналов; в схеме на рис. 4-34 последнее производится двумя переменными сопротивлениями. Оба способа регулировки дают в некоторых пределах одинаковое изменение гулкости звучания. Это дает возможность в простых ревербераторах пользоваться регулировкой второго рода, что значительно упрощает их конструкцию.

Частотная характеристика коэффициента передачи ревербератора — зависимость напряжения на выходе ревербератора от частоты при постоянной амплитуде входного напряжения.

Частотная характеристика коэффициента передачи помещения (рис. 4-35) существенно зависит от положений громкоговорителя и измерительного микрофона. На частотной характеристике большого помещения пики расположены нерегулярно; в среднем они распределены с интервалом $4/T_р$ [Гц], а перепад между пиками и провалами достигает 25 дБ и более.

Для того чтобы достаточно хорошо имитировать акустические условия большого помещения, плотности пиков частотных характеристик коэффициентов передачи ревербератора и помещения должны быть сравнимы.

Существует несколько систем ревербераторов. Далее описывается пружинный ревербератор, поскольку он имеет небольшие размеры, относительно дешев, не сложен конструктивно и поэтому доступен для изготовления в любительских условиях.

Принцип работы пружинного ревербератора

Основой пружинного ревербератора является линия задержки, состоящая из двух преобразователей (датчика и приемника механических колебаний) и натянутой между ними цилиндрической пружины (см. структурную схему пружинной линии на рис. 4-36).

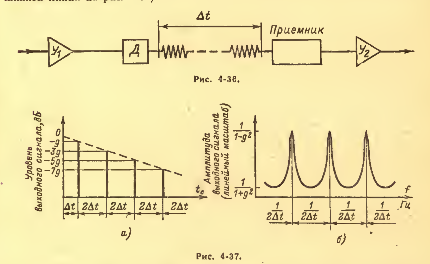


Рис. 4-36.

Рис. 4-37.

Входной сигнал, усиленный усилителем $У_1$, преобразуется в колебательные движения крутильного типа подвижного элемента датчика $Д$, которые передаются пружине. Механическая волна распространяется по пружине и достигает приемника через время, определяемое скоростью распространения колебаний в пружине и ее длиной. Отразившись от приемного конца пружины, волна возвращается к датчику, затем снова к приемнику и т. д., постепенно затухая.

Первый эхо-сигнал в пружинной линии задерживается на время Δt, а следующие за ним эхо-сигналы сдвинуты во времени один относительно другого на $2\Delta t$; пики на частотной характеристике коэффициента передачи ревербератора располагаются с интервалом $1/2\Delta t$, Гц (рис. 4-37).

Самодельный трехпружинный ревербератор

Технические данные ревербератора: плотность пиков на частотной характеристике ревербератора не менее 15 в полосе 100 Гц; средний интервал времени между соседними эхо-сигналами — не более 0,025 с; рабочий диапазон частот 150—3000 Гц; время искусственной реверберации 3—4 с на низких частотах рабочего диапазона с постепенным понижением к верхним частотам до 1,5—2 с.

Время реверберации на частотах выше 3 кГц в помещении относительно мало и определяется потерями при распространении звуковой волны в воздухе. Поэтому создание искусственной реверберации на верхних звуковых частотах часто неприятно для слуха. Увеличение же времени реверберации на низких частотах ухудшает четкость и разборчивость звучания. Время искусственной реверберации на верхних частотах в пружинном ревербераторе относительно мало и не превышает обычно 2 с; с понижением частоты оно постепенно увеличивается, достигая иногда 6—8 с на самых низких частотах. Поэтому в конструкции ревербератора следует предусмотреть демпфер, способствующий уменьшению реверберации на низких частотах.

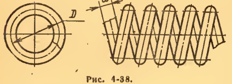


Рис. 4-38.

Выбор параметров ревербератора. Первые два пункта изложенных выше требований удовлетворяются в трехпружинном ревербераторе с временем задержки 0,029; 0,037 и 0,043 с. Плотность пиков на каждые 100 Гц частотного диапазона такого ревербератора — около 20; средний промежуток времени между соседними эхо-сигналами — около 0,025 с.

Расчет пружины. Пружина представляет собой механический фильтр нижних частот. При среднем диаметре витка D [мм] (рис. 4-38) из стальной проволоки диаметром d [мм] пружина пропускает колебания крутильного типа с частотами ниже частоты среза:

$$f_c = 253 \cdot 10^3 d/D^2. \qquad (4\text{-}21)$$

При использовании стальной проволоки диаметром d для получения требуемой частоты среза f_c [Гц] диаметр навивки в миллиметрах должен быть равен:

$$D = \sqrt{\frac{253 \cdot 10^3 d}{f_c}}. \qquad (4\text{-}22)$$

Частота среза пружинной линии задержки должна быть 3—4 кГц.

Пружины изготовляют из стальной «рояльной», возможно более упругой проволоки диаметром 0,2—0,4 мм путем навивки на токарном или моточном станке плотно, виток к витку. Длина проволоки, приготовленной для навивки, должна несколько превышать величину $3{,}14\ Dn$ (n — число витков в пружине). Часть крайнего витка пружины загибается в виде крючка. Уменьшение диаметра проволоки затрудняет навивку, а увеличение — ведет к росту размеров ревербератора.

Время задержки сигнала в пружине практически не зависит от частоты (за исключением частот, близких к f_c, где оно возрастает) и определяется формулой

$$\Delta t = 0{,}32 n/f_c. \qquad (4\text{-}23)$$

Число витков пружины зависит от требуемого времени задержки и находится из выражения

$$n = 3{,}14\,\Delta t f_c. \qquad (4\text{-}24)$$

Выбор типа преобразователя. В качестве преобразователя может быть использована система, состоящая из намагниченного ферритового ротора, совершающего крутильные колебания под действием переменного электромагнитного

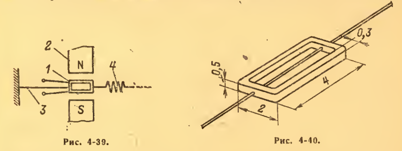


Рис. 4-39. Рис. 4-40.

поля, создаваемого катушкой с магнитным сердечником. Однако наиболее целесообразно выполнить преобразователь с подвижной катушкой *1* (рис. 4-39), расположенной в поле постоянного магнита *2*.

Катушку поддерживает проволока *3*. Ток звуковой частоты, проходя по катушке, взаимодействует с полем магнита и вызывает крутильные колебания катушки, которые передаются пружине *4*. Приемник аналогичной конструкции осуществляет обратное преобразование. На рис. 4-40 указаны размеры катушки, при которых обеспечивается диапазон частот 150—3000 Гц при использовании пружин из проволоки диаметром 0,2 мм.

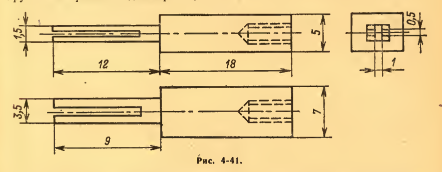


Рис. 4-41.

Катушку преобразователя наматывают с клеевой пропиткой на оправке из дюралюминия (рис. 4-41) таким образом, чтобы проволока проходила сквозь катушку, как показано на рис. 4-40. Катушка содержит 30 витков ПЭВ-1 0,04. Когда клей высохнет, катушку аккуратно снимают, слегка сжав оправку. Выводы катушек должны иметь длину 50 мм.

Один из концов проволоки, предназначенный для соединения с пружиной, загибается в виде крючка на расстоянии не далее 2 мм от катушки; другой конец, имеющий длину 30 мм, служит поддерживающей проволокой.

При навивке пружин из более толстой проволоки площадь поперечного сечения намотки катушки увеличивается приблизительно пропорционально кубу диаметра проволоки (при неизменной частоте среза).

Конструкция ревербератора (рис. 4-42). Три пружинные линии задержки конструктивно объединены общими для датчиков магнитными системами, состоящими из постоянных магнитов *2* с полюсными наконечниками *3* у датчика и *5* у приемника колебаний. Длина ревербератора и радиус навивки пружин определены диаметром проволоки (0,2 мм) и частотой среза 4 кГц (при этом $D=3{,}54$ мм.) Каждая пружина *1* состоит из двух половин правой и левой навивки для предотвращения изменений ориентации катушек в магнитном поле при усталостном раскручивании пружин. Числа витков в пружинных линиях, обеспечивающие различные значения времени задержки Δt, должны быть следующими:

Δt, с	0,029	0,037	0,043
n	2×182	2×232	2×270

Стальные проволоки *7* и *8* диаметром 0,1 мм, поддерживающие катушку датчика *4* и катушку приемника колебаний *6* в магнитных полях, проходят через отверстия в металлических столбиках *9*, *10* и фиксируются винтами *12*.

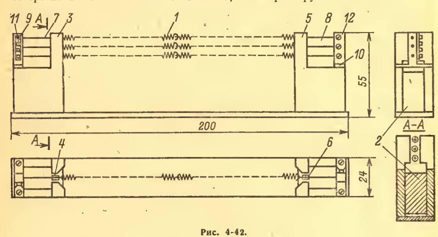


Рис. 4-42.

Катушки датчика и приемника, имеющие сопротивление по 3 Ом, соединяются последовательно на расшивочных платах *11*, укрепленных на столбиках. Провода, подводящие ток к катушкам, проходят рядом с соответствующей поддерживающей проволокой и приклеиваются к ней в двух-трех местах.

В качестве постоянных магнитов используются части кольцевого магнита из феррита бария от неисправного громкоговорителя.

Время искусственной реверберации на низких частотах уменьшает демпфер в виде полосок губчатой резины *1* (рис. 4-43), приклеенных к пластинам *2* из органического стекла и размещенных у поддерживающих проволок.

Усилитель ревербератора (рис. 4-44). Усилитель датчика обеспечивает на катушках общим сопротивлением 9 Ом напряжение 1 В, устанавливаемое потенциометром R_1 при входном напряжении не менее 10 мВ. Чувствительность усилителя приемника составляет 0,1 мВ; номинальное выходное напряжение не менее 1 В при отношении сигнал/шум не менее 50 дБ.

В усилителе предусмотрена возможность смешивания основного и реверберационного сигналов; сигнал с переменного резистора R_{14} на выходе усилителя датчика подается в усилитель приемника после регулятора уровня R_{26}; таким образом, смешивание сигналов производится манипулированием резисторами R_{14} и R_{26}.

Данные трансформатора Tp_1: магнитопровод Ш6×6,5 из пермаллоя; обмотка *I*—1800 витков ПЭВ 0,1, обмотки *IIа* и *IIб* — по 400 витков ПЭВ 0,1. Сначала наматывают 900 витков обмотки *I*, затем 400 витков двойного провода обмоток *IIа* и *IIб* и, наконец, 900 витков обмотки *I*.

Сборка и налаживание пружинного ревербератора. Сборку ревербератора начинают с установки на плате магнитных систем преобразователей и металлических столбиков. Затем укрепляют поддерживающие проволоки с катушками датчика и приемника в нижних отверстиях металлических столбиков и растягивают между катушками обе половины наиболее длинной пружины ($\Delta t = 0{,}043$ с.) Если имеются «слипшиеся» витки, то нужно попытаться растянуть в этом месте пружину или заменить ее новой. Места соединений проклеивают, а выводы катушек пропаивают.

После этого включают усилители и проверяют работу первой линии задержки при синусоидальном сигнале напряжением на катушках датчика не более 0,2 В. Искажения кривой на экране осциллографа (преимущественно в области низких частот) могут быть вызваны наличием «слипшихся» витков, люфтом в местах механических соединений, механическим контактом катушек с полюсными наконечниками.

Чрезмерное ограничение частотной характеристики пружинной линии в области верхних частот может быть вызвано неправильным расчетом пружины (что приводит к понижению частоты среза), наличием «слипшихся» витков и увеличенными, по сравнению с рекомендованными, размерами катушек преобразователей.

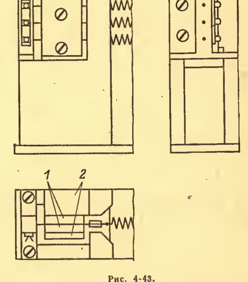


Рис. 4-43.

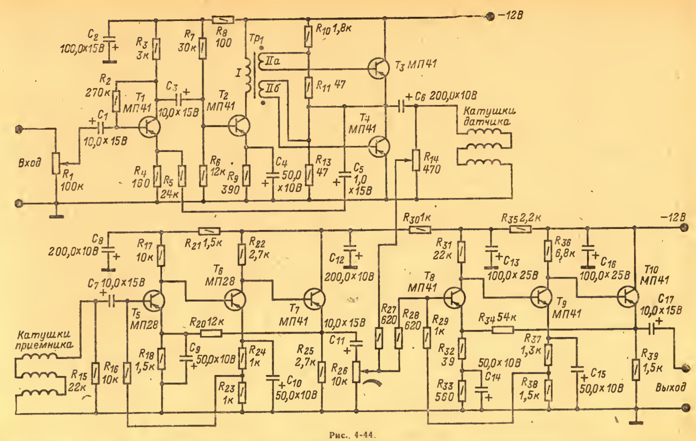
Аналогичным способом собирают и налаживают две другие пружинные линии. Затем устанавливают пластины с наклеенными полосками пористой резины. Степень сжатия резины между пластинами определяет время искусственной реверберации на нижних частотах.

Измерения в пружинном ревербераторе. Проверка правильности расчета времени задержки пружин и времени реверберации требует специальной аппаратуры, недоступной радиолюбителю. Поэтому все необходимые данные предлагается получить косвенными способами, включая звуковой генератор на вход ревербератора и вольтметр на его выход. Измерения следует производить для каждой пружинной линии задержки отдельно, отключив две другие.

Медленно изменяя частоту генератора, определяют интервал частот между соседними пиками Δf; тогда задержка в пружине

$$\Delta t = 1/2\,\Delta f. \tag{4-25}$$

Определив соотношение пик/провал D на частотной характеристике коэффициента передачи ревербератора, нетрудно найти затухание g в данной



-12В
Вход
Выход
Катушки датчика
Катушки приемника
Тр1
I
IIа
IIб
C1 10,0×15В
C2 100,0×15В
C3 10,0×15В
C4 50,0×10В
C5 1,0×15В
C6 200,0×10В
C7 10,0×15В
C8 200,0×10В
C9 50,0×10В
C10 50,0×10В
C11 10,0×15В
C12 200,0×10В
C13 100,0×25В
C14 50,0×10В
C15 50,0×10В
C16 100,0×25В
C17 10,0×15В
R1 100к
R2 270к
R3 3к
R4 160
R5 24к
R6 12к
R7 30к
R8 100
R9 390
R10 1,8к
R11 47
R13 47
R14 470
R15 22к
R16 10к
R17 10к
R18 1,5к
R20 12к
R21 1,5к
R22 2,7к
R23 1к
R24 1к
R25 2,7к
R26 10к
R27 620
R28 620
R29 1к
R30 1к
R31 22к
R32 39
R33 560
R34 54к
R35 2,2к
R36 6,8к
R37 1,3к
R38 1,5к
R39 1,5к
T1 МП41
T2 МП41
T3 МП41
T4 МП41
T5 МП28
T6 МП28
T7 МП41
T8 МП41
T9 МП41
T10 МП41

Рис. 4-44.

области частот механической волны при однократном прохождении ее по пружине

$$g=\sqrt{\frac{D-1}{D+1}} \qquad (4\text{-}26)$$

и время искусственной реверберации в секундах $T=\Delta t/g$, где g в децибелах.

Применение ревербератора. При работе источника звука в помещении направление прихода отраженных звуковых волн к слушателю, как правило, не совпадает с направлением прихода основного сигнала. Включение ревербератора в звуковой тракт согласно рис. 4-34 не является наилучшим, так как основной сигнал и эхо-сигналы воспроизводятся одним громкоговорителем и по направлениям прихода к слушателю не разделены. Ощутимый эффект присутствия в большом зале дает разделение трактов основного и реверберационного сигналов в соответствии со схемой рис. 4-45. Так как требования к частотной характеристике коэффициента передачи ревербератора не являются жесткими, громкоговорители распределенной системы, воспроизводящие реверберационный сигнал, могут быть пониженного качества. При ограниченных возможностях распределения система может быть заменена одним громкоговорителем, расположенным за спиной слушателя и с вертикально ориентированной рабочей осью.

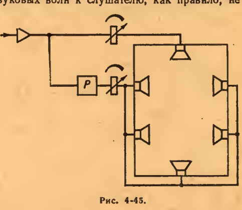


Рис. 4-45.

4-6. ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ГРАММОФОННЫХ ЗАПИСЕЙ

Типы и параметры грампластинок

Классификация. Грампластинки разделяют на монофонические с узкой канавкой (долгоиграющие с частотой вращения 33 1/3 и 45,11 об/мин), обозначаемые знаком ∇ (до 1968 г. они обозначались буквами МУ), и стереофонические (также долгоиграющие) с узкой канавкой и такими же частотами вращения, обозначаемые знаком ꝏ. И те и другие предназначены для электроакустического воспроизведения.

Кроме того, прежде изготовлялись монофонические пластинки с широкой канавкой (77,92 об/мин), допускающие как электроакустическое, так и акустическое воспроизведение (с помощью патефона, граммофона), они обозначались буквами МШ.

Увеличение длительности звучания долгоиграющих пластинок по сравнению с пластинками МШ достигнуто путем уменьшения ширины канавок, их сближения и уменьшения частоты вращения пластинки.

Грампластинки и запись на них удовлетворяют требованиям ГОСТ 7893-72 «Звукозапись механическая на диск» и ГОСТ 5289-73 «Грампластинки. Общие технические условия». В табл. 4-6 приведены диаметры, частоты вращения и масса пластинок. Эксцентриситет центрового отверстия относительно центра

записн пластинок с узкой канавкой должен быть не более 0,2 мм и для пластинок с широкой канавкой не более 0,25 мм.

Таблица 4-6

Граммофоиные пластинкн

Тип пластинок	Частота вращения, об/мин	Диаметр пластинки, мм	Диаметр центрового отверстия, мм	Масса, г, не более
Монофонические и стереофонические с узкой канавкой	$33^1/_3$	301 230 174	$7{,}24^{+0{,}09}$	184 120 50
	45,11	174	$7{,}24^{+0{,}09}$ нлн $38{,}15^{+0{,}10}$	50
Монофонические с широкой канавкой	77,92	250	$7{,}24^{+0{,}09}$	196

Параметры записн. Размеры канавок грампластинок в мнкрометрах приведены на рис. 4-46, *а* (узкая канавка) и 4-46, *б* (широкая канавка). На внутренней стенке канавкн стереофонической пластннки (стенка, расположенная ближе к центру пластинкн) записаны сигналы левого, а на наружной — сигналы правого канала (рис. 4-47, *а*). Вид сверху на канавку стереофонической пластинки показан на рис. 4-47, *б*.

Амплнтудно-частотная характернстнка канала записи, применяемого для грампластинок с узкой канавкой, приведена на рнс. 4-48; она представляет

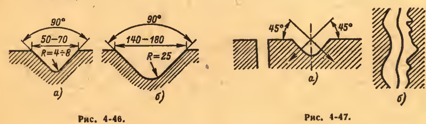


Рис. 4-46.

Рис. 4-47.

собой зависимость колебательной скорости — пронзведения амплитуды на частоту колебанний записывающего резца от частоты сигнала. Колебательная скорость — основной параметр записн на пластнике. Чем она выше, тем, прн прочих равных условиях, громче звучит пластинка при воспроизведении. Максимальное значение колебательной скоростн установлено равным 14 см/с для монофонической записн н 10 см/с для стереофонической.

Гибкие грампластинки (33 1/3 об/мин) изготовляют диаметром 174 мм из пленкн толщиной 0,12—0,15 мм. Запись монофоническая, размеры канавки близки к размерам узкой канавки обычных долгоиграющих пластинок. Воспроизведение должно осуществляться на электропроигрывающих устройствах.

Воспроизводящая аппаратура

В настоящее время воспроизведение грамзаписи осуществляют почти исключительно электроакустическим способом с помощью электропроигрывающих устройств (ЭПУ). ЭПУ содержит движущий механизм, вращающий грампластинку и звукосниматель, и предназначено для встраивания в какую-либо аппаратуру. В состав ЭПУ с магнитным звукоснимателем может входить также предварительный корректирующий усилитель. ЭПУ, встроенное в простой футляр и снабженное шнурами и кабелями для внешних подключений, называют электропроигрывателем. Электропроигрыватель, смонтированный вместе с оконечным усилителем и громкоговорителем, называют электрофоном (изготавливается по ГОСТ 11157-74). ЭПУ входит, кроме того, в состав радиол и магнитoрадиол.

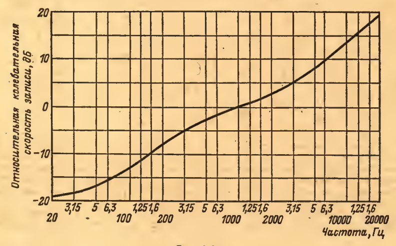


Рис. 4-48.

Электропроигрывающие устройства изготавливают четырех классов: высшего, I, II и III по ГОСТ 18631-73. ЭПУ высшего и I классов предназначены для воспроизведения записей как стереофонических, так и монофонических грампластинок, ЭПУ класса II — только стереофонических или только монофонических и класса III — только монофонических. Все ЭПУ должны обеспечивать частоты вращения грампластинки 33 1/3 и 45,11 об/мин. Необязательные частоты — 16 2/3 и 77,92 об/мин. Параметры ЭПУ приведены в табл. 4-7, там же указаны типы современных ЭПУ и электрофонов отечественного производства, соответствующих определенным классам качества. Диаметр шпинделя для надевания грампластинок во всех ЭПУ равен 7,24 $^{-0,05}_{-0,15}$ мм, а для грампластинок с увеличенным центровым отверстием (табл. 4-6) 38,2 $^{-0,30}_{-0,25}$ мм. Если ЭПУ содержит предварительный усилитель, его выходное сопротивление не должно превышать 10 кОм. В зависимости от класса в ЭПУ применяют различные вспомогательные устройства, облегчающие эксплуатацию и повышающие качество воспроизведения (табл. 4-8).

Звукосниматели. По принципу действия звукосниматели делят на магнитные, пьезоэлектрические, полупроводниковые и фотоэлектрические. Наиболее распространены магнитные и пьезоэлектрические (пьезокерамические). Последние просты по конструкции,

Таблица 4-7

Электропроигрывающие устройства

Параметры	Класс ЭПУ			
	Высший	I	II	III
Допускаемые отклонения от номинальной частоты вращения *	± 0,55	± 1,2	± 1,8	± 2,1
Коэффициент детонации, %	$0,1^{+0,03}$	$0,1^{+0,05}$	$0,15^{+0,05}$ ** $0,2^{+0,05}$ ***	$0,25^{+0,05}$ $0,4^{+0,10}$ ****
Относительный уровень рокота (помеха от вибрации движущего механизма), дБ	—60	—46	—31	—28
Относительный уровень фона, дБ: с пьезоэлектрическим звукоснимателем	—67	—63	—57	—53
с магнитным звукоснимателем	—63	—57	—53	—
Уровень акустического шума от движущего механизма, дБ	30	30	34	38
Типы отечественных ЭПУ	—	I-ЭПУ-73С	II-ЭПУ-52С и II-ЭПУ-74С (стерео) II-ЭПУ-50 и II-ЭПУ-76 (моно)	III-ЭПУ-28М III-ЭПУ-38
Типы отечественных электрофонов	«Аккорд-001»	«Вега-101» «Корвет-стерео»	«Аккорд-201-стерео» «Аккорд-201-моно» «Ноктюрн-201 (моно)» «Рондо-201» (моно)	«Каравелла» «Концерт-301» «Лидер-303» «Юность»

* При питании от электросети переменного тока.
** Для стереофонических устройств.
*** Для монофонических устройств.
**** Для устройств с питанием от источника постоянного тока.

дешевы и не требуют применения предварительного усилителя со специальной АЧХ. Звукосниматель состоит из **головки** и **тонарма**, укрепляемого в ЭПУ на поворотной ножке. Основными частями головки являются иглодержатель с корундовой или алмазной иглой и преобразователь механических колебаний в электрические. В головке стереофонического звукоснимателя таких преобразователей два. Так как иглы для пластинок с узкой и широкой канавками различаются размерами, головки звукоснимателя делают сменными (каждая для определенного типа пластинок) или снабжают сменными блоками с определенными типами игл или с двумя переключаемыми иглами. Рабочие положения переключателя и сменные головки (или блоки) имеют цветные обозначения (табл. 4-9).

Таблица 4-8

Вспомогательные устройства, входящие в состав ЭПУ

Устройства	Класс ЭПУ			
	Высший	I	II	III
Регулятор частоты вращения $33^1/_3$ об/мин со встроенной визуальной индикацией	О	О	Н	Н
Автостоп	О	О	О	О+
Микролифт	О	О	О	О+
Механизм возврата звукоснимателя в исходное положение	О	О	Н	Н
Регулятор статической балансировки звукоснимателя относительно вертикальной оси	О	О	О++	Н
Регулятор прижимной силы звукоснимателя	О	О	Н	Н
Цепь замыкания звукоснимателя или выключатель усилителя в нерабочем положении иглы	О	О	О	О

Примечание. О — обязательно; Н — не обязательно; + — только при питании от сети переменного тока; ++ — при пьезоэлектрическом звукоснимателе не обязательно.

Таблица 4-9

Обозначения на головках звукоснимателя

Тип воспроизводимой грамзаписи	Обозначение	Цвет обозначения
Монофоническая с широкой канавкой	78 (в квадрате)	Зеленый
Монофоническая с узкой канавкой	▽	Красный
Стереофоническая и монофоническая с узкой канавкой	два пересекающихся кольца	Голубой

Для облегчения следования иглы по канавке звукосниматель должен быть определенным образом ориентирован относительно грампластинки. Это обеспечивают, придавая тонарму изогнутую форму. Для малогабаритных ЭПУ рекомендуются размеры тонарма, представленные на рис. 4-49; здесь рабочая длина $l = 185 \pm 2$ мм, установочная база $h = 175$ мм, угол коррекции $\alpha = 20°30' + 1°30'$.

Качество воспроизведения и износ пластинки зависят от прижимной силы иглы к канавке. Прижимную силу регулируют с помощью противовеса или пружины в тонарме. Для пьезоэлектрических звукоснимателей прижимная сила не должна превышать 70 мН, для магнитных — устанавливается в зависимости от класса ЭПУ: не более 20 мН в ЭПУ высшего, 30 мН — I и 40 мН — II классов. При недостаточной прижимной силе возникают нелинейные искажения, так как игла не будет надежно следовать по канавке и даже может выйти из нее. Чтобы обеспечить симметричное положение иглы в немодулированной канавке, что особенно важно при воспроизведении стереозаписи, в лучших звукоснимателях предусматривается балансировка тонарма и компенсация нежелательной скатывающей силы, которая оказывает через иглу избыточное давление на внутреннюю стенку канавки, увеличивает ее износ и нарушает баланс сигналов левого и правого каналов при воспроизведении стереофонической грамзаписи. Пример конструкции современного звукоснимателя приведен на рис. 4-50 (1 — противовес, 2 — балансир, 3 — компенсатор скатывающей силы).

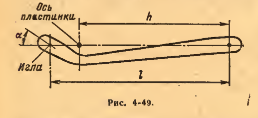


Рис. 4-49.

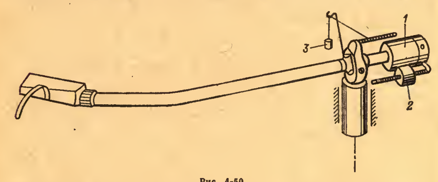


Рис. 4-50.

Номинальная нагрузка пьезоэлектрического звукоснимателя должна состоять из резистора сопротивлением 1000 ± 50 кОм и конденсатора емкостью 150 ± 10 пФ, включенных параллельно, а магнитного звукоснимателя — из резистора сопротивлением 47 ± 5 кОм.

При магнитном звукоснимателе АЧХ предварительного усилителя должна быть обратна по форме характеристике грамзаписи (рис. 4-48). При любом типе звукоснимателя в усилителе необходимо корректировать частотные искажения, поэтому для воспроизведения грамзаписи следует применять усилитель с раздельной регулировкой тембра на низких и высоких частотах (см. § 4-2).

Чувствительность пьезоэлектрического звукоснимателя равна 50—70 мВ·см$^{-1}$·с, магнитного — не менее 0,7 мВ·см$^{-1}$·с. При конструировании

усилителей можно считать, что пьезоэлектрический звукосниматель развивает на средних частотах напряжение 0,7 В, а магнитный — 1 мВ.

Номинальный частотный диапазон звукоснимателя в ЭПУ высшего класса составляет 20 Гц — 20 кГц; I—31,5 Гц — 16 кГц; II — 50 Гц — 12,5 кГц и III — 50 Гц — 10 кГц при неравномерности АЧХ 4—6 дБ в середине и 8—10 дБ на краях диапазона. Чувствительность обоих каналов стереофонических звукоснимателей в средней части частотного диапазона может отличаться не более чем на 2—3 дБ. Переходное затухание между каналами должно быть не менее 20 дБ.

Отечественная промышленность изготавливает звукосниматели следующих типов:

ГЗУМ-73С — магнитный, стереофонический для ЭПУ высшего и I класса (применяется в электрофоне «Аккорд-001»);
ГЗКУ-631Р — пьезоэлектрический, стереофонический для ЭПУ класса II;
ГЗК-661 — пьезоэлектрический, монофонический для ЭПУ классов II и III (класс обозначен на переключателе игл).

Проверку работы и измерение качественных показателей звукоснимателя производят с помощью измерительной грампластинки фирмы «Мелодия» типа ИЗМ33Д0101/0102, содержащей запись ряда частот с определенными значениями колебательной скорости.

Воспроизведение стереозаписи. Головка стереозвукоснимателя может иметь три или четыре вывода. Маркировка их приведена в табл. 4-10. Стереозвукосниматель подсоединяют к двухканальному усилителю с двумя разнесенными громкоговорителями. Регулировку громкости, тембра и стереобаланса осуществляют, как сказано в § 4-2. Для проверки правильности расположения и фазировки громкоговорителей правого и левого каналов и баланса каналов применяют испытательную (демонстрационную) грампластинку фирмы «Мелодия». Указания по ее использованию записаны на самой пластинке.

Таблица 4-10

Маркировка выводов головки стереозвукоснимателя

Количество выводов	Назначение вывода	Номер вывода	Цвет провода (маркировка)
3	Левый канал	1	Белый
	Общий (соединение с корпусом)	2	Черный
	Правый канал	3	Красный
4	Левый канал	1	Белый
	Левый канал (соединение с корпусом)	2	Синий
	Правый канал	3	Красный
	Правый канал (соединение с корпусом)	4	Зеленый

Стереофонический звукосниматель чувствителен к вертикальным перемещениям иглы, поэтому движущий механизм ЭПУ должен быть хорошо отрегулирован, чтобы не создавать во время работы вибраций.

Стереофонические грампластинки обладают свойством совместимости, т. е. их запись можно воспроизводить и на монофоническом ЭПУ. При этом сигналы правого и левого каналов автоматически складываются в звукоснимателе и пластинка «звучит» как монофоническая. С другой стороны, монофоническую запись на долгоиграющей пластинке можно воспроизводить на стереофоническом ЭПУ.

Естественно, что сигналы правого и левого каналов при этом одинаковы и звуковоспроизведение остается монофоническим.

Схемы УНЧ, обеспечивающих высокое качество воспроизведения грамзаписей, приведены в § 4-2.

Движущий механизм ЭПУ. Основная задача механизма состоит в том, чтобы вращать с заданной частотой грампластинку, установленную на диск. Для этого чаще всего применяют асинхронный однофазный двигатель с возможно более жесткой механической характеристикой и частотой вращения около 2800 об/мин. Мощность на валу двигателя должна быть приблизительно 1 Вт. Двигатель устанавливают на амортизаторах с тем, чтобы защитить от его вибраций звукосниматель ЭПУ. Для передачи вращения от двигателя к внутреннему ободу диска обычно применяют редуктор с фрикционной передачей, с помощью обрезиненного промежуточного ролика (рис. 4-51). Для возможности получения нескольких частот вращения диска ЭПУ шкив на валу двигателя *1* делают ступенчатым, а переключателем скорости изменяют высоту положения промежуточного ролика *2*. В другом варианте для этой цели используют двухступенчатый редуктор (рис. 4-52).

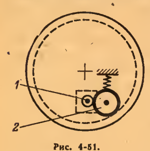


Рис. 4-51.

При выключении ЭПУ очень важно выводить промежуточные ролики из зацепления во избежание деформации их обрезиненной поверхности. Для подстройки точного значения частоты вращения диска ступенчатый шкив выполняют с небольшой конусностью и в процессе регулировки перемещают в небольших пределах промежуточный ролик вверх и вниз. Контроль скорости ведут по стробоскопическим полосам, освещаемым неоновой лампой, питаемой от сети переменного тока. Частота вращения $n = 6000/k$, где k—число стробоскопических полос. Стробоскопические полосы наносят или на торец диска ЭПУ, или на бумажный диск, укладываемый на грампластинку. Для равномерного вращения грампластинки диск

Рис. 4-52.

Рис. 4-53.

ЭПУ должен обладать достаточно большим моментом инерции, т. е. иметь большой диаметр (до 300 мм) и большую массу (до 3 кг).

Движущий механизм содержит ряд устройств, создающих удобства при пользовании ЭПУ.

Автостоп выключает механизм в конце воспроизведения записи на одной стороне грампластинки. Наибольшее применение получила конструкция автостопа, действие которой основано на ускорении перемещения тонарма, вследст-

вие резкого изменения шага выводной канавки грампластинки по сравнению с шагом канавки в зоне записи.

Микролифт служит для плавного опускания и подъема звукоснимателя. Простейший микролифт показан схематически на рис. 4-53. Перемещение штока *1* и связанной с ним детали *2* с наклонной поверхностью вызывает движение опирающего на эту поверхность толкателя *3* и соответственно подъем или опускание звукоснимателя *4*. Для более плавного действия в кинематическую схему микролифта вводят обычно дополнительное звено подтормаживания толкателя *3* демпфером с вязкой средой.

Иногда микролифт совмещают с устройством, возвращающим звукосниматель в исходное положение после окончания воспроизведения записи одной стороны грампластинки *.

* Подробные сведения по расчету механизмов ЭПУ приведены в книге Ю. С. Полозова «Механизм электропроигрывающих устройств». М., «Энергия», 1974.

МАГНИТНАЯ ЗВУКОЗАПИСЬ

РАЗДЕЛ 5

СОДЕРЖАНИЕ

5-1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СТРУКТУРНЫЕ СХЕМЫ МАГНИТОФОНОВ

Терминология

Основные термины, относящиеся к записи и воспроизведению информации, в частности к магнитной звукозаписи, определены ГОСТ 13699-74. Наиболее часто используемые термины приводятся в том значении, которое они имеют применительно к бытовым и любительским магнитофонам.

Магнитная запись — процесс преобразования сигналов информации в пространственное изменение остаточной намагниченности носителя или его отдельных частей с целью последующего воспроизведения информации.

Дорожка записи — намагниченная область носителя (магнитной ленты), образуемая в процессе записи.

Фонограмма — носитель записи, после того как на нем произведена звукозапись, например магнитная лента с одной или несколькими дорожками записи; в последнем случае говорят о *n*-дорожечной (двух-, трех-, четырехдорожечной) фонограмме.

n-дорожечная запись — способ записи, при котором на носителе одновременно образуется *n* дорожек записи. В монофонических магнитофонах всегда произ-

водится однодорожечная запись, в стереофонических бытовых — двухдорожечная. В результате перекладывания и переворачивания катушек с лентой, а иногда и переключения магнитных головок в итоге образуется двух- или четырехдорожечная фонограмма.

Основа — слой носителя записи, предназначенный для придания ему механической прочности.

Рабочий слой — слой носителя записи, предназначенный для сохранения в нем сигналов информации. В магнитных лентах это застывший магнитный лак, содержащий микроскопические частицы гамма-окисла железа или двуокиси хрома.

Магнитная головка — миниатюрный электромагнит, взаимодействующий на очень небольшом участке с магнитной лентой или фонограммой и осуществляющий процессы записи, воспроизведения, стирания. Соответствующие названия присваиваются головке. Головку, которую можно использовать для разных процессов, например и для записи, и для воспроизведения, называют *универсальной*.

Блок магнитных головок — конструктивно неразъемное объединение двух или более магнитных головок, каждая из которых предназначена для отдельной дорожки записи (например, в стереофоническом магнитофоне); количество дорожек указывают в названии, например «Двухдорожечный блок универсальных магнитных головок».

Магнитофон — устройство для записи звука и его воспроизведения (реже только для воспроизведения), действие которого основано на магнитной системе записи. В бытовых и любительских магнитофонах в качестве носителя записи применяют магнитную ленту, которая намагничивается при записи магнитной головкой; через обмотку головки проходит ток записываемых сигналов и вспомогательный ток с частотой 60—120 кГц, осуществляющий *подмагничивание* магнитной ленты. Подмагничивание необходимо для уменьшения нелинейных искажений записи, которые без него очень велики.

n-дорожечный магнитофон — магнитофон, в котором образуется при записи или используется при воспроизведении *n*-дорожечная фонограмма.

Переносный магнитофон — магнитофон, приспособленный к перевозкам пассажирским транспортом без принятия специальных мер для его сохранности.

Носимый магнитофон — магнитофон, приспособленный к работе при переносках и при перевозках пассажирским транспортом.

Катушечный магнитофон — магнитофон с магнитной лентой, намотанной на катушки.

Кассетный магнитофон — магнитофон с магнитной лентой, содержащейся в кассете.

Диктофон — магнитофон для записи речи и ее диктовки при воспроизведении, с конечной целью записи информации от руки или на пишущей машинке.

Лентопротяжный механизм — механизм, приводящий в движение магнитную ленту в магнитофоне.

Рабочий ход — режим работы лентопротяжного механизма, при котором происходят запись или воспроизведение.

Перемотка — режим работы лентопротяжного механизма, при котором движение ленты не сопровождается записью или воспроизведением. Скорость перемотки ленты обычно в несколько раз больше скорости рабочего хода. В механизмах с одним направлением рабочего хода различают *перемотку вперед*, если она совпадает с направлением рабочего хода, и *перемотку назад* в противоположном направлении.

Ведущий узел — узел лентопротяжного механизма, приводящий ленту в движение во время рабочего хода. В состав ведущего узла входит *ведущий вал*, к которому лента прижимается обрезиненным *прижимным роликом*.

П о д а ю щ и й у з е л — узел лентопротяжного механизма, с которого лента поступает к магнитным головкам во время рабочего хода. Кроме того применяют термины: *подающая катушка, подающий сердечник, подающий рулон ленты.*

П р и е м н ы й у з е л — узел лентопротяжного механизма, на который поступает лента, прошедшая магнитные головки во время рабочего хода. Кроме того применяют термины: *приемная катушка, приемный сердечник, приемный рулон ленты.*

П о д к а т у ш н и к — узел лентопротяжного механизма, на который устанавливается и с которым сопрягается катушка с магнитной лентой.

И н е р ц и о н н ы й р о л и к — узел лентопротяжного механизма, приводимый во вращение магнитной лентой, имеющий требуемый момент инерции и предназначенный для уменьшения колебаний скорости ленты.

Л е н т о п р и ж и м — узел, прижимающий магнитную ленту к рабочей поверхности магнитной головки (в простейшем виде — плоская пружина с фетровой наклейкой).

Д р е й ф с к о р о с т и — нежелательное изменение средней скорости ленты во время рабочего хода.

К о э ф ф и ц и е н т к о л е б а н и я с к о р о с т и л е н т ы — отношение величины колебания скорости к ее среднему значению.

Д е т о н а ц и я — искажение звука, возникающее вследствие паразитной частотной модуляции с частотами, находящимися примерно в диапазоне 0,2—200 Гц; в магнитофоне детонация вызывается колебаниями скорости ленты.

К о э ф ф и ц и е н т д е т о н а ц и и — коэффициент колебания скорости ленты, измеренный специальным прибором (*детонометром*), содержащим взвешивающий фильтр, который учитывает неодинаковую восприимчивость слуха к паразитной частотной модуляции с разной частотой.

У р о в е н ь з а п и с и — в магнитофонах — значение остаточного магнитного потока в рабочем слое ленты, отнесенное (условно) к одному метру ширины дорожки записи. Нормируется максимально допустимый уровень записи, который в катушечных магнитофонах, например, для низких частот равен 250 нВб/м (эффективное значение). Для измерения уровня записи в магнитофоне имеется индикатор уровня записи, калибруемый по измерительной ленте.

И з м е р и т е л ь н а я л е н т а — фонограмма на магнитной ленте с нормированной записью измерительных сигналов, используемая для измерений и настройки магнитофонов.

К а н а л з а п и с и м а г н и т о ф о н а — усилитель записи (от точек подключения источника сигнала) и записывающая головка.

К а н а л в о с п р о и з в е д е н и я м а г н и т о ф о н а — головка воспроизведения и усилитель воспроизведения.

Стандарты на магнитофоны

Катушечные магнитофоны. Любительские магнитофоны должны удовлетворять основным требованиям ГОСТ 12392-71 на бытовые катушечные стационарные, переносные и носимые магнитофоны для того, чтобы обеспечивать возможность обмена фонограммами. Кроме того, требования ГОСТ полезно учитывать при конструировании любительских магнитофонов, поскольку они определяют оптимальные сочетания качественных показателей и эксплуатационных свойств. К числу стандартизованных показателей относятся: н о м и н а л ь н ы е с к о р о с т и магнитной ленты при рабочем ходе 19,05; 9,53; 4,76; 2,38 см/с и связанные с ними требования к лентопротяжным механизмам (табл. 5-1); намотка ленты на катушки типа 1 (см. рис. 5-1) рабочим слоем внутрь рулона; расположение дорожек записи, показанное со стороны рабочего слоя на рис. 5-2 и 5-3. При двухдорожечной монофонической фонограмме (рис. 5-2) сначала производят запись дорожки 1; затем катушки с лентой переворачивают, меняют местами и записывают дорожку 2. В некоторых магнитофонах предусмотрены два направления рабочего хода ленты и соответственно два комп-

лекта магннтных головок; в ннх переход с одной дорожки на другую осуществляется без снятня катушек — переключеннем головок н нзмененнем направлеиня движения ленты.

Таблица 5-1

Параметры леитопротяжных механизмов бытовых магинтофонов

Параметры	Классы магнитофонов			
	I	II	III	IV
Допустнмое отклоненне средней скорости от номинальиой, %:				
19,05 см/с	± 2	± 2	—	—
4,76 и 9,53 см/с	± 2	± 2	± 2	± 2
Коэффициент детоиацнн в мвгиитофоие прн питанни от сетн, %, не более:				
19,05 см/с	± 0,1	± 0,2	—	—
9,53 см/с	± 0,2	± 0,3	± 0,3	—
4,76 см/с	± 0,3	± 0,4	—	—
То же прн пнтанни от автоиомных источннков н уннверсальном питании, %, не более:				
19,05 см/с	—	± 0,3	—	—
9,53 см/с	—	± 0,4	± 0,4	—
4,76 см/с	—	± 0,5	—	± 0,6
Максимальный номер катушкн для магннтофона прн пнтаинн от сетн	18	15	15	—
То же прн пнтанни от автономных источннков и уннверсальиом пнтанин	—	15	13	10
Длительиость перемоткн катушкн леиты максимального размера прн толщине ленты 37 мкм, с, не более:				
при питанни от сетн	180	225	225	—
прн питаннн от автономиых источннков и универсальиом питаннн	0,1 временн воспроизведення звпнси одной дорожки прн наибольшей скорости рвбочего хода ленты			

Прн стереофоннческой фонограмме обе дорожкн запнсывают одновременно, дорожка 1 соответствует левому канвлу, дорожка 2 — правому.

Четырехдорожечную фонограмму (рис. 5-3) используют главным образом в стереофоннческих магнитофонах. Прн движеннн ленты в одну сторону запнсывается однв пара дорожек (1 — левый канал, 3 — правый канал), при обрвтном двнженни другвя парв (2 — правый канал, 4 — левый канал). В случае монофоннческой запнсн дорожкн запнсываются в следующем порядке: 1—4—3—2.

Кроме того, ГОСТ 12392-71 определяет ряд других ввжных показвтелей и устввнавлнвает классы качества. Стереофонические магнитофоны с сетевым пнтаннем нзготввлнвают классов I и II, в с уинверсальным питаннем н питаннем от автономных нсточннков — класса II. Монофоническне магнитофоны с любым питаннем — классов II н III, в носнмые мвгннтофоны (с универсальным питанием н пнтаннем от автономных нсточннков) классов III н IV.

Электрнческне качественные показателн бытовых магннтофонов разлнчных классов приведены в табл. 4-1. В указанных в таблице пределах номинальных рабочнх диапазонов частот АЧХ каналв воспроизведення по нзмерительной

ленте и АЧХ канала записи-воспроизведення, определяемые на линейном выходе магнитофона, должны укладываться в поле допусков на рис. 5-4, где $f_н$ и $f_в$ — ннжняя н верхняя граничные частоты рабочего днапазона (штриховая лнння соответствует классу I).

В магннтофонах класса I обязательны дистанционный пуск и останов ленты, счетчнк ленты, автостоп, выключающий лентопротяжный механнзм прн окончании или обрыве ленты,

Рис. 5-1.

Рис. 5-2.

Рис. 5-3.

устройство для очисткн ленты от пыли, спаренный регулятор усиления обоих каналов, действующий только при записи, спаренный регулятор усиления обоих каналов при воспронзведенни, а также регулятор баланса усилення тех же каналов (с т е р е о б а л а н с), раздельные регуляторы тембра по НЧ и ВЧ, действующие только прн прослушнвании через громкоговоритель магнитофона.

Внешние электрические цепи НЧ должны подключаться к магнитофону с помощью штепсельных соединений по ГОСТ 12368-66, состоящих из 3 и 5-контактных вилок СШ3 и СШ5 н соответствующих им розеток СГ3 и СГ5.

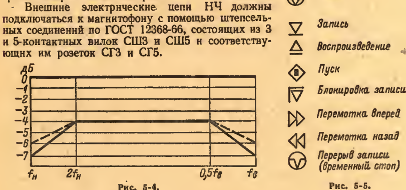


Рис. 5-4.

Рис. 5-5.

Около органов управлення и штепсельных соединений магнитофона рекомендуется выполнять условные функциональные обозначения (символы и надписи), установленные ГОСТ 20837-75. Некоторые нх них приведены на рис. 5-5.

Кассетные магнитофоны. Бытовые магнитофоны этого вида (ГОСТ 20838-75) изготавливают с одной обязательной номинальной скоростью рабочего хода

ленты 4,76 см/с, четырех классов, примерно соответствующнх классам катушечиых магнитофоиов для скорости 9,5 см/с. Кассетные магнитофоны могут получать электропитание от сети перемениого тока, от автоиомиых источииков, а также допускать уииверсальиое питаиие. В кассетах копланариого типа (ГОСТ 20492—75), содержащих два сердечиика для ленты, расположеииые в одиой плоскости (рис. 5-6), рабочим слоем иаружу иамотаиа магнитная леита шнрнной 3,81 мм *. В завнснмостн от общей толщнны ленты (27 нлн 18 мкм) длнтельиость рабочего хода в одиом иаправлеиин может достигать соответственио 30 или 45 мин. Расположение дорожек записи иа леите показаио со стороны рабочего слоя иа рис. 5-7. Дорожкн *1* н *2* используют одиовремеино прн одном иаправлении двнжения ленты (сторона кассеты *1*), дорожкн *3* и *4* — для другого (стороиа кассеты *2*). При моиофоиической записи указанные пары дорожек

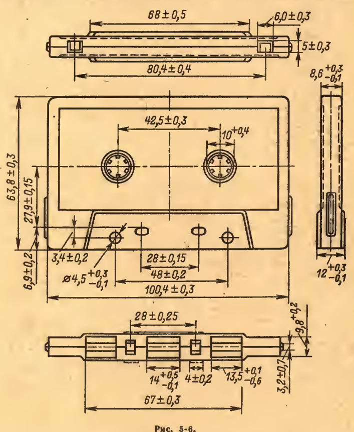


Рис. 5-6.

содержат одииаковые записи. При стереофоиической запнси дорожки *1* и *4* должны содержать запись, воспроизводимую через левый (глядя от слушателя) громкоговоритель.

---

* Кроме того, существуют кассеты с двумя соосными катушкамн, кассеты с бесконечным рулоном ленты, кассеты с петлей ленты.

Для лентопротяжных механизмов кассетных магнитофонов и их кассет нормированы, кроме того, следующие требования: 1) диаметр ведущего вала не должен превышать 3 мм; 2) давление лентоприжима на универсальную магнитную головку должно находиться в пределах $(5-15)\cdot 10^3$ Па; 3) кассета должна устанавливаться в магнитофоне только на посадочные поверхности; 4) момент трения полного рулона ленты в кассете не должен быть более $2{,}7\cdot 10^{-3}$ Н·м.

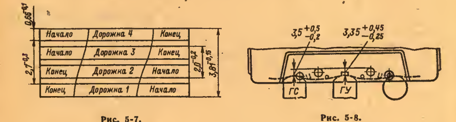


Рис. 5-7. Рис. 5-8.

При тормозном моменте $0{,}8\cdot 10^{-3}$ Н·м, приложенном к подающему сердечнику при минимальном диаметре намотанного на него рулона, момент, который надо приложить к полному рулону на приемном сердечнике, чтобы стронуть ленту с места, не должен превышать $5{,}5\cdot 10^{-3}$ Н·м.

Магнитные головки устанавливают относительно кассеты, как это показано на рис. 5-8; направляющие для ленты располагают в местах по обеим сторонам выреза для головок.

Структурные схемы магнитофонов

Большинство бытовых и любительских магнитофонов имеет универсальный усилитель, т. е. усилитель, работающий и при записи, и при воспроизведении (рис. 5-9). При переходе от воспроизведения *В* к записи *З* производится необходимая коммутация на входе и выходе усилителя *УУ*, изменяется его АЧХ и включается высокочастотный генератор *Г*. Оконечный усилитель *ОУ* и громкоговоритель *Гр* позволяют осуществлять слуховой контроль при записи и последующее воспроизведение ее через громкоговоритель. Если микрофон во время записи расположен вблизи магнитофона, контроль через громкоговоритель невозможен, так как приводит к акустическому самовозбуждению. Тогда громкоговоритель выключают и контроль ведут на головные телефоны *Тф*.

Уровень записи измеряют индикатором *ИП*, включенным на выход универсального усилителя. К этому же выходу подключают универсальную магнитную головку. Благодаря такому включению показания индикатора не зависят от громкости слухового контроля, которая регулируется усилением оконечного усилителя. Выход универсального усилителя (так называемый л и н е й н ы й в ы х о д м а г н и т о ф о н а) соединяют с внешним штепсельным соединением и используют для подключения другого магнитофона при перезаписи или внешнего громкоговорящего агрегата. Действующее значение напряжения на этом выходе должно достигать 0,25—0,5 В при сопротивлении нагрузки не менее 10 кОм.

Кроме показанного на рис. 5-9 микрофонного входа магнитофон должен иметь еще входы для подключения звукоснимателя (или линейного выхода другого магнитофона), радиоприемника (телевизора) и трансляционной линии проводного вещания. Микрофонный вход должен иметь сопротивление не меньшее, чем номинальное сопротивление нагрузки применяемого микрофона, а напряжение на этом входе принимают равным напряжению, развиваемому микрофоном на нагрузке с номинальным сопротивлением при звуковом давлении 0,2 Па.

Входные напряжения и сопротивления для других входов равны соответственно: *Звукосниматель* 150—500 мВ, $R_{вх} \geqslant 400$ кОм; *Радиоприемник* 10—30 мВ, $R_{вх} \geqslant 25$ кОм; *Трансляционная линия* 10—30 В, $R_{вх} \geqslant 10$ кОм.

Другая, более совершенная структурная схема магнитофона (рис. 5-10) содержит раздельные усилители и раздельные магнитные головки записи и воспроизведения. В результате образуется *сквозной канал*, позволяющий непосредственно в процессе записи контролировать ее качество. В усилителе записи (УЗ) осуществляются *частотные предыскажения* записываемых сигналов и мощность сигналов доводится до величины, достаточной для нормальной работы записывающей головки. В усилителе воспроизведения (УВ) производится предварительное усиление сигналов, вырабатываемых воспроизводящей головкой и их *частотная коррекция*. Выход УВ соединен с индикатором уровня записи (ИП) и линейным выходом магнитофона. Остальные составные элементы — те же что и в схеме на рис. 5-9. Иногда для более точной слуховой оценки качества записи в усилитель вводят переключатель, позволяющий соединять вход оконечного усилителя или с выходом УВ или с промежуточным выходом *УЗ* (до того места в его схеме, где осуществляются частотные предыскажения). Это позволяет сравнивать звучание до записи и после записи.

Рис. 5-9.

Рис. 5-10.

Структурная схема стереофонического магнитофона образуется из двух рассмотренных структурных схем монофонических магнитофонов; общий для обоих каналов записи высокочастотный генератор делают более мощным (2—3 Вт). При синфазных входных сигналах записи на дорожках должны быть также синфазными, что достигается применением двухдорожечного блока магнитных головок записи, у которых рабочие зазоры расположены вдоль общей прямой, образующей с направлением движения ленты угол 90°±5′ (при двухдорожечных фонограммах) и 90°±8′ (при четырехдорожечных). Аналогичный по конструкции и установке блок головок используется и для воспроизведения *.

Для получения правильной картины размещения источников звука в пространстве при воспроизведении стереофонической записи усиление должно регулироваться при записи и при воспроизведении одинаково и одновременно в обоих каналах. Так же регулируется и тембр при воспроизведении. Кроме того, необходимо предусмотреть стереобаланс. По тем же причинам в стереофоническом магнитофоне должны незначительно различаться между

* Возможно также использование одного блока универсальных магнитных головок.

собой по всем видам потерь магнитные головки, входящие в разные стереоканалы. Выравнивание их показателей сильно различающимися частотными предыскажениями и коррекцией недопустимо.

Запись с наложением. Так называют записи речевых пояснений на фоне ранее записанной музыки. Для такой записи головку стирания отключают и поэтому прежняя запись на ленте лишь частично стирается полем подмагничивания записывающей (универсальной) головки. Для записи с наложением в магнитофоне следует предусмотреть переключатель, отключающий головку стирания и заменяющий ее резистором. Сопротивление резистора подбирается так, чтобы ток (напряжение) подмагничивания при переключениях не изменялся.

Диктофоны

Диктофоны широкого применения изготавливают промышленностью в соответствии с требованиями ГОСТ 14907-69. От магнитофона диктофон отличается следующим:

1. В качестве носителя записи используются ленты шириной 6,25 и 3,81 мм (на катушках и в кассетах), а также *магнитные диски* диаметром 155 мм и *магнитные манжеты* шириной 88,9 мм, диаметром 97 мм. В случае магнитных лент применяют скорости 4,76, 2,38 см/с или скорости, изменяющиеся в широких пределах от начала к концу ленты, но по одному и тому же закону при записи и при воспроизведении.

2. Требования к качеству звукозаписи понижены, так как диктофон должен лишь разборчиво передавать речь при воспроизведении. Вполне достаточен частотный диапазон от 200—300 Гц до 3—5 кГц, коэффициент детонации до 4 %, относительный уровень шумов —30 дБ, коэффициент гармоник до 10 %. Важным дополнительным требованием является разборчивость слогов; при доверительной вероятности 0,9 она должна составлять 60—80 %.

3. Для упрощения записи совещаний и конференций, когда выступающие могут находиться на разном расстоянии от микрофона, в диктофонах часто устанавливают АРУ для записи. Благодаря этому при изменении входного напряжения на 25 дБ уровень записи изменяется только на 6 дБ. Время срабатывания АРУ 5—200 мс, время восстановления — не менее 0,5 с.

4. Для упрощения записи речи, поступающей с большими паузами, например записи телефонных переговоров, распоряжений диспетчера и др., в диктофонах предусматривают автоматический пуск носителя после появления входного сигнала (длительность пуска не более 0,15 с) и автоматический останов через 2—6 с после прекращения сигнала.

5. При воспроизведении, во время буквенной перезаписи механизм диктофона работает в старт-стопном режиме, т. е. его рабочий ход включается на непродолжительное время, затем выключается; при необходимости повторения механизм реверсируется (производится так называемый *откат*), снова включается и т. д. Нормальная скорость носителя должна достигаться достаточно быстро (<0,35 с), также быстро должен производиться останов (<0,1 с). Подобный режим работы с числом включений до двух-трех в минуту требует особо прочной конструкции механизма.

6. Для облегчения буквенной перезаписи в диктофоне предусматривается дистанционное управление механизмом при воспроизведении с помощью ножной педали или небольшого клавишного устройства, которое можно закрепить на пишущей машинке. Такое управление позволяет легко включить, выключить и повторить воспроизведение, не отвлекаясь от работы на машинке или от перезаписи вручную. В некоторых диктофонах после каждого останова носителя он автоматически передвигается в обратном направлении на небольшое расстояние. Благодаря этому воспроизведение начинается с повторения части предыдущей группы слов, что облегчает понимание речи. Иногда применяют *автоповтор*, при включении которого автоматически осуществляются откат и последующее включение воспроизведения.

5-2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ УЗЛОВ МАГНИТОФОНОВ

Усилители

Простейший универсальный усилитель для односкоростного носимого кассетного магнитофона (рис. 5-11) содержит каскады предварительного усиления на транзисторах T_1 и T_2 и каскады дополнительного усиления на транзисторах T_3 и T_4. Связь между транзисторами T_1—T_2, а также T_3—T_4 непосредственная. Переключатель рода работы B_1 изменяет режим усилителя в соответствии с выполняемой функцией (здесь и далее этот переключатель показан в режиме «Воспроизведение»). Группы $B_{1а}$ — $B_{1в}$ этого переключателя подключают ко входу усилителя либо универсальную магнитную головку *ГУ*, либо делитель входного напряжения. В режиме записи через группу $B_{1в}$ к универсальной головке подводится ток записи и ток подмагничивания от генератора ВЧ.

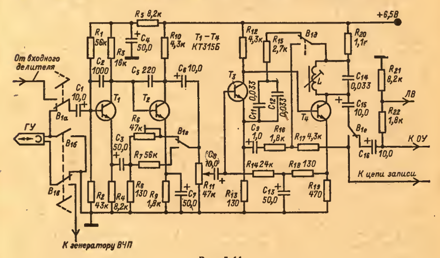


Рис. 5-11.

Каскады усилителя попарно охвачены отрицательной обратной связью. В предварительном усилителе таких связей две. Напряжение одной из них снимается с коллектора транзистора T_2 и через конденсатор C_5 подводится к его базе, благодаря чему ограничивается усиление верхних звуковых частот за границами рабочего диапазона и тем самым уменьшаются характерные для магнитной записи звука помехи на верхних частотах. Напряжение другой обратной связи также снимается с коллектора транзистора T_2 и через группу $B_{1г}$ подводится к эмиттеру транзистора T_1. С помощью этой обратной связи устанавливается общий коэффициент усиления усилителя, причем в режиме воспроизведения подстроечным резистором R_6 устанавливают на линейном выходе напряжение 0,25—0,5 В. В дополнительном усилителе отрицательная обратная связь используется для коррекции АЧХ. Ее напряжение снимается с коллектора транзистора T_4 и через группу $B_{1д}$ и цепочки $R_{16}C_9$ или $R_{15}C_{11}C_{12}$ подводится к эмиттеру транзистора T_3, осуществляя тем самым подъем АЧХ в области нижних звуковых частот. Подъем АЧХ в области верхних звуковых частот происходит благодаря включению в цепь коллектора транзистора T_4 контура LC_{14}, настроенного на верхнюю граничную частоту рабочего диапазона частот. В режиме записи этот контур шунтируется резистором R_{17}, что приводит к некоторому уменьшению уси-

леиия на верхних частотах. Указаниые на схеме величнны элементов коррекции АЧХ соответствуют постоянным времени $\tau_1 = 120$ и $\tau_2 = 1590$ мкс, стандартизованным для скорости ленты 4,76 см/с. В качестве регулятора уровня записи и громкостн воспроизведеиия используется переменный резистор R_{11}.

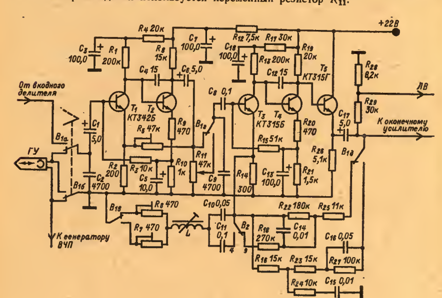


Рис. 5-12.

Усилитель для двухскоростного переносного или стационарного магнитофона с питанием от электросети переменного тока (рис. 5-12) отличается от магнитофона по схеме на рис. 5-11 наличием эмиттериого повторителя на транзисторе T_5, обеспечивающего пониженное выходное сопротивление.

С помощью подстроечных резисторов R_6 и R_7 в зависимости от режима работы устанавливают требуемый подъем АЧХ в области верхних звуковых частот. Общий коэффициент усиления, устанавливаемый подстроечным резистором R_5, одинаков для обоих режимов работы. Переключатель B_2 изменяет цепи частотной коррекции в зависимости от скорости движения ленты. Указанные на схеме параметры элементов рассчитаны на такие же постоянные времени, как и в усилителе по схеме на рис. 5-11 для скорости 4,76 см/с и на постоянные времени $\tau_1 = 90$ н $\tau_2 = 3180$ мкс для скорости 9,53 см/с. Переменный резистор R_{11} служит только для изменения уровня записи. Регулятор громкости воспроизведения в этом случае располагают на входе окоиечного усилителя.

Усилитель по схеме рис. 5-13 рассчитан на использование в двухскоростном магнитофоне с питанием от сети переменного тока или батареи при скоростях магнитной ленты 19,05 и 9,53 см/с с постоянными времени коррекции $\tau_1 = 70$ и 140 мкс соответственно. Отличие от предыдущей схемы заключается в использовании в цепи коррекции двойного Т-образного моста для подъема АЧХ в области верхних звуковых частот. Подстроечные резисторы R_{33} и R_{34} предназначены для регулировки величины подъема АЧХ в режиме воспроизведения, а резисторы R_{35} и R_{36} — в режиме записи. Подстроечным резистором R_{14} устанавливают напряжение на линейном выходе *ЛВ*. Переменный резистор R_{17} служит регулятором уровня записи.

Рассмотренные усилители применяют как в монофонических, так и в стереофонических магнитофонах. В последнем случае необходимы два усилителя. Для магнитофона со сквозным каналом можно использовать те же схемы, оставив в них цепи коррекции для одного вида работы.

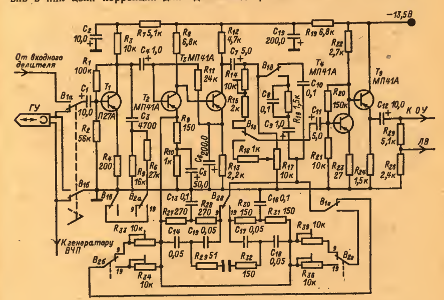


Рис. 5-13.

Усилители по приведенным схемам рассчитаны на работу с магнитными головками, индуктивность которых равна 30—100 мГ. Напряжение на линейном выходе (ЛВ) должно иметь значение 0,25—0,5 В, а напряжение, подводимое ко входу оконечного усилителя, 0,5—1,5 В.

Автоматическое регулирование уровня записи

В радиолюбительских условиях запись на магнитофон программ от РВ или ТВ приемника или с граммофонной пластинки довольно проста, так как достаточно установить уровень записи в моменты наиболее громкого звучания. Объясняется это тем, что звукорежиссер студии отрегулировал уровень и каких-либо неожиданностей возникнуть не может. Другое дело, когда приходится производить «живую» запись с микрофона. Во избежание непредвиденных изменений уровня сигнала в этом случае все время необходимо следить за показаниями индикатора уровня записи и почти непрерывно регулировать уровень сигнала, подаваемого на запись. Но и при самом тщательном регулировании избежать кратковременных превышений максимального уровня записи не всегда удается. Можно, конечно, заранее уменьшить уровень записи, оставив резерв на непредвиденное увеличение входного сигнала, однако это приведет к уменьшению динамического диапазона записи из-за ухудшения соотношения сигнал/ шум.

Чтобы облегчить запись программ с микрофона в магнитофонах и особенно в диктофонах используют автоматическое регулирование уровня записи (АРУЗ). Если в РВ и ТВ приемниках АРУ поддерживает определенное соотношение между

входным сигналом и напряжением на нагрузке детектора, то система АРУЗ в магнитофоне призвана поддерживать напряжение на выходе усилителя записи практически на неизменном уровне, когда входной сигнал достигает определенного уровня величины или превосходит его. Говоря иначе, система АРУЗ в магнитофоне должна иметь амплитудную характеристику ограничителя.

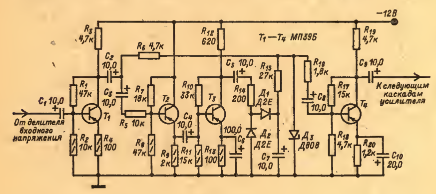


Рис. 5-14.

Используемые в магнитофонах системы АРУЗ различаются по назначению и в зависимости от этого отличаются качественными показателями и временны́ми характеристиками. Особенно важны временны́е характеристики, от которых зависит искажение сигнала. Так, для записи речевых программ время срабатывания обычно выбирают в пределах 5—25 мс, а время восстановления 0,5—10 с.

Системы АРУЗ, применяемые в магнитофонах, различаются еще и по способу подачи управляющего напряжения. Известны три способа подачи управляющего напряжения: *прямое* регулирование, когда управляющее напряжение снимается со входа усилителя, усиливается вспомогательным усилителем, выпрямляется, фильтруется и в требуемой полярности подается на регулирующий элемент; *обратное* регулирование, когда управляющее напряжение снимается с выхода усилителя, выпрямляется, фильтруется и в требуемой полярности подается на регулируемый каскад; *смешанное* регулирование, когда используются оба предыдущих способа.

В авторегуляторе по схеме рис. 5-14 использовано прямое регулирование. Подаваемый на запись сигнал усиливается транзистором T_1 и разделяется на две ветви. Через одну из них, состоящую из резисторов R_6 и R_{16} и конденсатора C_8, сигнал поступает непосредственно на базу транзистора T_4. С помощью второй ветви сигнал через конденсатор C_3 и резистор R_5 подводится к базе транзистора T_2 эмиттерного повторителя и с него — к транзистору T_3, усиливающему сигнал АРУЗ, и далее на выпрямитель, собранный на диодах $Д_1$ и $Д_2$ по схеме удвоения напряжения. Выпрямленное напряжение подается на конденсатор C_7, от емкости которого и постоянной времени зарядно-разрядной цепи зависят временны́е характеристики системы АРУЗ. Напряжение с этого конденсатора через резистор R_{15} подается на диод $Д_3$, который совместно с резистором R_6 составляет делитель напряжения, поступающего на базу транзистора T_4. С увеличением уровня входного сигнала растет выпрямленное напряжение на конденсаторе C_7, рабочая точка диода $Д_3$ смещается в сторону бо́льших токов, его сопротивление уменьшается и напряжение, снимаемое с делителя $R_6Д_3$, также уменьшается. Детали схемы подобраны так, что напряжение на базе транзистора T_4 поддерживается практически неизменным при изменении уровня входного сигнала до 26 дБ.

В схеме рис. 5-15) соответствует автоматическому диктофону конструкции радиолюбителя А. Румянцева) использовано обратное регулирование. Сигнал подается в цепь АРУЗ с выхода усилителя, выпрямляется диодами $Д_1$ и $Д_2$, включенными по схеме удвоения напряжения, и поступает на конденсатор C_{11} зарядно-разрядной цепи. Напряжение регулирования с этого конденсатора через

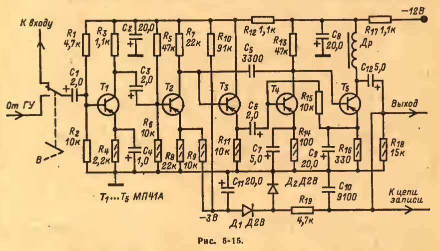


Рис. 5-15.

резистор R_9 подается в отрицательной полярности в цепь эмиттера транзистора T_2. Увеличение сигнала на выходе усилителя приводит к уменьшению тока эмиттера транзистора T_2 и, как следствие, к уменьшению усиления. Отличительной особенностью этого усилителя является наличие напряжения противосмещения, которое снимается с делителя напряжения $R_8R_9R_{10}$ и подается на детектор. Это напряжение определяет порог срабатывания АРУЗ. В данной схеме АРУЗ работает при напряжении входного сигнала от 0,2 до 2 мВ, т. е. обеспечивает регулирование усиления в 20 дБ.

Генераторы ВЧ тока подмагничивания и стирания

На рис. 5-16 показаны схемы двух транзисторных генераторов, выполненных по двухтактной схеме. Одни из них (рис. 5-16, *а*) имеет индуктивную обратную связь, а другой — емкостную. Катушка для генератора по схеме рис. 5-16, *а* намотана на двухсекционном каркасе из изоляционного материала и помещена в чашки Б-22 из феррита марки М2000НМ. Обмотка *I* содержит 2 × 35 витков провода ПЭВ-2 0,2, обмотка *II* — 2 × 50 витков такого же провода диаметром 0,1 мм и обмотка *III* — 100 витков провода диаметром 0,2 мм. Обмотки *I* и *II* следует наматывать одновременно в два провода и размещать их попарно в различных секциях каркаса, а обмотку *III* нужно уложить равномерно в обе секции каркаса. При указанных на схеме величинах элементов частота генератора 70 кГц. Для генератора по схеме на рис. 5-16, *б* может быть использована та же катушка, но без обмотки *I*. При приведенных на схеме величинах элементов его частота 80 кГц. Оба генератора рассчитаны на работу с универсальной или записывающей магнитной головкой с индуктивностью 30—100 мГн и ферритовой стирающей головкой с индуктивностью 0,6—1 мГн и могут быть использованы в монофонических и стереофонических магнитофонах.

На рис. 5-17 приведена более простая схема генератора, предназначенная для упрощенного носимого магнитофона. В качестве катушки контура в ней исполь-

а)

б)

Рис. 5-16.

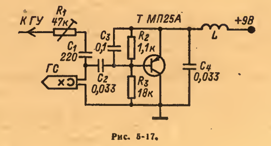


Рис. 5-17.

зуется обмотка стирающей магнитной головки. При указанных на схеме величинах элементов и индуктивности стирающей головки около 0,5 мГ частота генератора 50 кГц.

Во всех трех схемах генераторов ВЧ установка тока подмагничивания производится подстроечными резисторами.

Индикаторы уровня записи

В магнитофонах, построенных на транзисторах, используют, как правило, только стрелочные индикаторы уровня записи. Две наиболее простые схемы индикаторов уровня записи, в которых используется микроамперметр типа М476 или М4762, показаны на рис. 5-18. Первая из них (рис. 5-18, *а*) может быть применена в том случае, когда на выходе предварительного усилителя имеется эмиттерный повторитель. Если же эмиттерного повторителя нет, то для уменьшения влияния индикатора на ток записи между выходом усилителя и индикатором нужно включить каскад на транзисторе T_1 (рис. 5-18, *б*). В обоих индика-

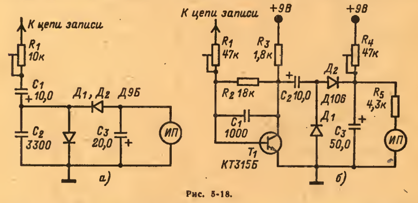


Рис. 5-18.

торах для увеличения их чувствительности использована цепь удвоения напряжения на диодах $Д_1$ и $Д_2$. Установка показания индикатора, соответствующего максимальному уровню записи, производится подстроечным резистором R_1. Время интеграции обоих индикаторов 150—350 мс, а время обратного хода, определяемое временем разряда конденсатора C_3, составляет 0,5—1,5 с. Индикатор по схеме на рис. 5-18, *б* позволяет также контролировать напряжение источника питания, подводимое в режиме воспроизведения к микроамперметру через подстроечный резистор R_4.

Приведенные схемы индикаторов можно использовать как в монофонических, так и в стереофонических магнитофонах. В последнем случае возможно использование либо двух раздельных индикаторов для каждого канала в отдельности, либо одного совмещенного индикатора, который будет показывать наибольшее напряжение в одном из каналов.

5-3. ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ МАГНИТОФОНОВ

Общие сведения

Большинство бытовых и любительских магнитофонов имеет лентопротяжный механизм с одним двигателем и одним направлением рабочего хода ленты. Кинематическая схема такого механизма приведена на рис. 5-19. Здесь *1* — электродвигатель; *2* — маховик ведущего вала; *3* — ведущий вал; *4* — прижим-

ный ролик; *5* — фрикцион приемного узла; *6* — фрикцион подающего узла; *7* — обводной ролик (иногда инерционный ролик или просто обводная неподвижная стойка); *8* — универсальная и стирающая магнитные головки; *9*, *10*; *11* — пассики (бесконечные бесшовные ремни). Во время записи и воспроизведения ведущий узел продвигает магнитную ленту с постоянной скоростью, равной окружной скорости ведущего вала, к которому лента прижимается свободно вращающимся обрезиненным прижимным роликом. Ведущий вал вращается от двигателя через ременную передачу или с помощью промежуточного обрезиненного ролика. Для изменения скорости ленты изменяют коэффициент передачи. Массивный маховик на ведущем валу стабилизирует частоту его вращения и уменьшает детонацию звука. Во время рабочего хода лента разматывается с рулона на подающем узле, проходит по обводному ролику или стойке, по магнитным головкам, через ведущий узел и наматывается на рулон приемного узла.

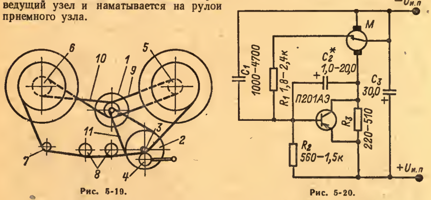


Рис. 5-19. Рис. 5-20.

Так как частота вращения подающего и приемного узлов изменяется в зависимости от количества ленты в соответствующих рулонах, соединение двигателя с этими узлами производится через проскальзывающие фрикционы. Подающий узел через фрикцион стремится вращаться в сторону, противоположную движению ленты. Это создает натяжение ленты, необходимое для того, чтобы она плотно прилегала к магнитным головкам. В некоторых магнитофонах используют лентоприжим — узел механизма, прижимающий ленту непосредственно к рабочей поверхности универсальной магнитной головки, например в форме плоской пружины с наклеенным фетром. В таких магнитофонах можно не соединять во время рабочего хода подающий узел с двигателем.

При перемотке ленты в ту или другую сторону прижимной ролик отходит и не прижимает ленту к ведущему валу, а подающий (или приемный) узел ускоряет свое вращение. Для этого обе части соответствующего фрикциона жестко сцепляют между собой или включают дополнительную механическую связь с двигателем.

Чтобы при остановке движения ленты рулоны ленты не раскручивались по инерции, лента не запутывалась и не обрывалась, ее необходимо тормозить, особенно после перемотки. Тормозят ленту только со стороны того узла, с которого она до этого разматывалась. Для этого тормозную колодку прижимают к ведомому шкиву соответствующего узла.

Двигатели для лентопротяжных механизмов

При питании магнитофона от сети переменного тока в лентопротяжном механизме используют однофазные асинхронные двигатели с частотой вращения 1000—3000 об/мин и мощностью на валу от 0,6 Вт (при скорости 4,76 см/с и маг-

нитной ленте в кассете) до 5 Вт (при скорости 19 см/с и магнитной ленте, намотанной на самую большую катушку). К числу таких двигателей относятся, например, двигатели типа АД-2 и АД-5 (127 В, 1400 об/мин, 5 Вт), ЭПУ (110 В, 2500 об/мин, 2 Вт), КД-2 и КД-3,5 (127 В, 1420 об/мин, 6 Вт), ЭДГ-1 и ЭДГ-4 (220 В, 2800 об/мин, 2 Вт), ЭДГ-2 и ЭДГ-2П (110 В, 2800 об/мин, 5 Вт), ДАП-1 (127/220 В, 2800 об/мин, 1 Вт).

При питании магнитофона от автономных источников и при универсальном питании применяют коллекторные двигатели постоянного тока с центробежными регуляторами частоты вращения, включаемыми в управляющую транзисторную цепь (рис. 5-20). Мощность на валу от 0,2 до 1 Вт, частота вращения от 1500 до 2500 об/мин. К числу таких двигателей относятся, например, 1ДПРС (11—15 В, 1600 об/мин, 0,8 Вт), ЗДПРС (10—14 В, 1540 об/мин, 0,8 Вт), МД-0,35-2000-9 (6,6—9,6 В, 2000 об/мин, 0,35 Вт), ДКС9-2600 (6—9,2 В, 2450 об/мин, 0,2 Вт), 4ДКС-8 (13—16 В, 2000 об/мин, 0,8 Вт), ДКС-8М (10—12 В, 2000 об/мин, 0,6 Вт).

Типовые узлы лентопротяжных механизмов

В любительских магнитофонах целесообразно использовать типовые узлы, которые обычно применяются в промышленных конструкциях бытовых магнитофонов. На рис. 5-21 изображен приемный узел, на рис. 5-22 — подающий узел, на рис. 5-23 — обрезиненный прижимный ролик, на рис. 5-24 — промежуточ-

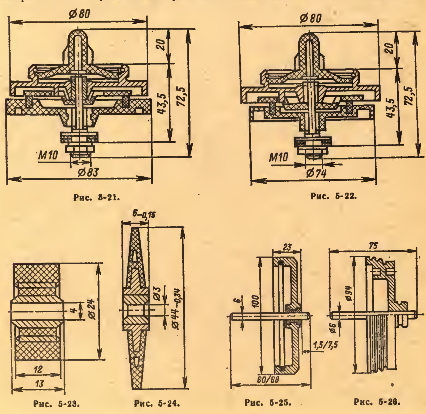


Рис. 5-21. Рис. 5-22.

Рис. 5-23. Рис. 5-24. Рис. 5-25. Рис. 5-26.

ный обрезиненный ролик, на рис. 5-25 — ведущий вал с маховиком (через дробную черту показаны размеры двух рекомендуемых вариантов). На рис. 5-26 изображен ведущий вал с маховиком, образующим одновременно трехступенчатый шкив, используемый для переключения скоростей рабочего хода ленты путем переброски пассика.

В лентопротяжных механизмах рекомендуется применение круглых резиновых пассиков с внутренним диаметром 73 мм и диаметром сечения 4 мм и плоских резиновых пассиков с внутренним диаметром 108 мм и прямоугольным сечением 1 × 4,2 мм.

5-4. МАГНИТНАЯ ЛЕНТА

Общие сведения

В бытовых и любительских катушечных магнитофонах применяют ленту шириной 6,25 ± 0,05, а в кассетных $3{,}81^{-0{,}15}$ мм. Ленты имеют общую толщину 18^{-2}, 27^{-2}, 37^{-3}, 55^{-5} мкм при толщине основы (примерно) 12, 16, 27 и 38 мкм соответственно.

Обозначение отечественных магнитных лент состоит из ряда букв и цифр, например, лента, когда-то выпускавшаяся под названием «Тип 6», теперь называется А2601-6Б. Буква «А» означает область применения — звукозапись. Первая цифра указывает на материал основы (2 — диацетилцеллюлоза, 3 — триацетилцеллюлоза, 4 — полиэтилентерефталат). Вторая цифра обозначает общую толщину ленты (2 — от 15 до 20; 3 — от 20 до 30; 4 — от 30 до 40; 6 — от 50 до 60 мкм). Третья и четвертая цифры — порядковый технологический номер разработки ленты. Цифра после тире означает целочисленное значение ширины ленты (6 или 3), а последняя буква — дополнительную характеристику назначения ленты, например Б — для бытовых магнитофонов, Р — для радиовещания.

Для современных магнитофонов рекомендуются более тонкие ленты общей толщиной 18^{-2} и 27^{-2} мкм на полиэтилентерефталатной основе (отечественное название материала — лавсан). Их рабочий слой содержит чаще всего частицы гамма-окисла железа ($\gamma = Fe_2O_3$); постепенно расширяется применение лент с частицами двуокиси хрома (CrO_2) и кобальтированными частицами гамма-окисла железа (так называемые высокоэнергетические ленты).

Качественные показатели магнитных лент

Физико-механические свойства ленты определяют ее механическую прочность (разрывное усилие, относительное удлинение под нагрузкой и др.), а также теплостойкость и влагостойкость. Прочнее всего ленты на полиэтилентерефталатной основе. При ширине 6,25 мм и толщине основы 16 мкм ее разрывное усилие равно 25 Н, а допустимая нагрузка при работе 4 Н. Прочность ацетатной основы примерно в 2 раза меньше. Лента не должна иметь коробления и сабельности, т. е. искривления по ширине и длине. Рабочий слой не должен осыпаться при трении о детали лентопротяжного механизма.

Электроакустические свойства определяют качество записи, которое можно получить на данной ленте в магнитофоне. Главные из них — чувствительность на средней частоте, АЧХ, нелинейные искажения, шум в паузе, относительный уровень копирэффекта. Все эти свойства определяются относительно отобранного образца ленты, называемого *типовой лентой*. Для реализации присущих ленте электроакустических свойств необходимо обеспечить в магнитофоне хороший контакт ленты с головками и оптимальное подмагничивание при записи, т. е. такое подмагничивание, при котором лента максимально намагничивается. Подмагничивание подбирают в процессе записи сигнала средней частоты (например 1 кГц).

Электроакустические свойства у разных лент очень различны. При прочих равных условиях у лент с более толстым рабочим слоем чувствительность больше, нелинейные искажения меньше, но зато хуже АЧХ (сильнее спад на верхних частотах). Чем тоньше основа, тем сильнее сказывается копирэффект, т. е. сильнее эхо-сигналы, возникающие при хранении фонограммы. Шум в паузе зависит от размеров частиц магнитного порошка и равномерности их распределения в рабочем слое ленты.

Ассортимент магнитных лент

Отечественная промышленность изготавливает для бытовых и любительских магнитофонов ленты следующих типов:

А2601-6 — общей толщиной 55 мкм для магнитофонов старых лет выпуска (прежнее название — тип 6);
А4402-6 — общей толщиной 37 мкм для катушечных магнитофонов (прежнее название — тип 10);
А4203-3 — общей толщиной 18 мкм, для кассетных магнитофонов.

Кроме того, в продаже бывают ленты шириной 6,25 мм производства ORWO (ГДР): РС35-6 (37 мкм), РС25-6 (27 мкм) и РС18-6 (18 мкм). Две последние следует применять только в тех магнитофонах, где натяжение ленты, особенно при пуске, невелико (не превышает 4 и 3 Н соответственно).

Намотка магнитных лент

Магнитные ленты шириной 6,25 мм наматывают в бытовых и любительских магнитофонах на катушки из полистирола (см. рис. 5 1), изготовленные согласно ГОСТ 13275-67. Номер катушки приблизительно соответствует ее наружному диаметру в сантиметрах (см. табл. 5-2 и 5-3).

Таблица 5-2

Катушки для магнитной ленты

Номер катушки	Размеры (рис. 5-1), мм		Масса, г, не более	Номер катушки	Размеры (рис. 5-1), мм		Масса, г, не более
	D *	d **			D *	d **	
7,5	76	35	20	15	146	50	65
10	102	35	25	18	178	60	85
13	127	45	45				

* Допуск ± 2 мм.
** Допуск ± 1 мм.

Радиус рулона ленты *r* [см], обеспечивающего запись в течение времени *t* [с] при скорости *v* [см/с],

$$r \approx \sqrt{r_0^2 + tv\frac{q}{\pi}},$$

где r_0 — начальный радиус намотки рулона, см; q — общая толщина ленты, см.

Магнитные ленты шириной 3,81 мм наматывают только в кассеты (рис. 5-6).

Таблица 5-3

Длина магнитной ленты в рулоне при нормальной плотности намотки на катушку

Номер катушки	Общая толщина ленты, мкм				Номер катушки	Общая толщина ленты, мкм			
	18	27	37	55		18	27	37	55
	Длина ленты в рулоне, м, не менее					Длина ленты в рулоне, м, не менее			
7,5	150	100	75	50	15	750	500	375	250
10	300	200	150	100	18	1050	700	525	350
13	540	360	270	180					

Эксплуатация магнитных лент

Соединение магнитных лент. Соединение оборвавшихся лент, а также монтаж фонограмм можно производить путем *склеивания и сращивания*. Для склейки концы ленты надо аккуратно обрезать ножницами, один из концов смазать клеем на участке 1 см вдоль ленты, сложить и на некоторое время сжать обе ленты пальцами. Состав клея для лент с основой из диацетилцеллюлозы: уксусная кислота (23,5 см³), ацетон (63,5 см³), бутилацетат (13 см³). Магнитные ленты с основой из полиэтилентерефталата не склеиваются и их надо сращивать с помощью специальной липкой ленты. Узкая полоска такой ленты накладывается на нерабочую сторону, соединенных встык магнитных лент. Надо следить, чтобы липкая лента была везде прикрыта магнитной лентой, иначе липкий слой может загрязнять головки магнитофона.

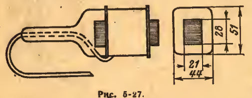


Рис. 5-27.

Чтобы в месте соединения не возникала импульсная помеха (щелчок), ножницы, которыми разрезают магнитную ленту, должны быть хорошо размагничены. Для этого используют тот же электромагнит, которым размагничивают магнитные головки на рис. 5-27.

Ракорды. К началу и концу фонограммы приклеивают ракорд — цветную ленту, изготовленную из того же материала, что и основа магнитной ленты, но толще ее и прочнее. Ракорд предохраняет концы фонограммы от повреждения при зарядке в лентопротяжный механизм и при пуске, когда неизбежно возникают толчки. Кроме того, ракорд позволяет достичь номинальной скорости к началу фонограммы. На ракорде пишут или печатают название записи. Различные цвета ракордов (белый, желтый, зеленый, красный, синий) используют иногда для обозначения начала и конца фонограммы и для обозначения номинальной скорости.

Хранение магнитных лент. Магнитные ленты и фонограммы на катушках должны укладываться в полиэтиленовые мешки и храниться в картонных коробках, в вертикальном положении на полках, в помещении с температурой 10—20° С и относительной влажностью 60%. Для лент очень вредно продолжительное воздействие температуры выше 30° С, поэтому их нельзя хранить около отопительных приборов и держать на солнце. Во избежание коробления нельзя хранить ленту в сыром помещении. Фонограммы надо оберегать от действия магнитных полей трансформаторов, электродвигателей, микрофонов, громко-

говорителей и других приборов во избежание повреждения (частичного стирания) записи и усиления копирэффекта. Копирэффект может также возрасти, если фонограмма хранится при повышенной температуре.

Рулон ленты, намотанный на катушку, не должен иметь ребристую боковую поверхность (допускаются выступы не более 0,5 мм), иначе возможны повреждения выступающих краев.

Магнитные ленты и фонограммы в кассетах надо хранить в специальных коробках, защищающих от пыли. Внешние условия хранения такие же, как для лент и фонограмм на катушках.

5-5. МАГНИТНЫЕ ГОЛОВКИ

Конструкции головок

Магнитная головка состоит из сердечника, обмотки и арматуры крепления. Сердечник изготавливают из тонких пластин пермаллоя или из феррита (последний применяют главным образом в стирающих головках); состоит он из двух половин (полусердечников) *1* (рис. 5-28), на которых расположена обмотка *4*. С той стороны, где головка соприкасается с магнитной лентой, полусердечники разделены узкой немагнитной (бронзовой или слюдяной) прокладкой, образующей рабочий зазор *2*. Ширина *d*, длина *l* и глубина *t* зазора являются важными параметрами головки. Чем меньше ширина *d*, тем лучше АЧХ записи и воспроизведения, но меньше чувствительность головки. Чувствительность можно повысить, уменьшая глубину *t*, однако при этом уменьшается срок службы головки. Длина *l* согласуется с размером дорожки записи фонограммы (рис. 5-2, 5-3, 5-7).

Рис. 5-28.

Рис. 5-29.

В записывающих и иногда в универсальных головках полусердечники, кроме того, разделены дополнительным зазором *3*, предотвращающим остаточное намагничивание головки.

В стереофонических магнитофонах применяют блоки магнитных головок (рис. 5-29). Изготовление магнитных головок очень сложно, поэтому в любительских магнитофонах рекомендуется использовать головки от бытовых магнитофонов заводского изготовления.

В транзисторных магнитофонах применяют универсальные головки с индуктивностью до 100 мГ, в ламповых — с индуктивностью более 1 Г. Индуктивность стирающей головки для транзисторных магнитофонов 1 мГ, для ламповых — несколько миллигенри.

Эксплуатация магнитных головок

Положение магнитной головки необходимо отрегулировать по высоте, наклону рабочего зазора и его размещению в пределах угла огибания головки лентой (§ 5-6). Для обеспечения хорошего качества записи и воспроизведения на верхних частотах необходим, кроме того, плотный контакт магнитной ленты с головкой. Его достигают, подтормаживая подающий узел лентопротяжного механизма либо прижимая ленту к рабочей поверхности головки с помощью плоской пружины с наклеенным на нее фетром или с помощью эластичной ленты.

В первом случае контактное давление $p \approx P/\rho \cdot b$, где P — натяжение ленты около головки, Н; ρ — радиус рабочей поверхности головки, м (его можно измерить с помощью шаблона, вырезанного из плотного картона или тонкой пластмассы (рис. 5-30); b — ширина зоны соприкосновения магнитной ленты с головкой, м (часто этот размер равен ширине ленты).

Во втором случае $p = P/s$, где P — сила прижима ленты, Н; s — площадь контакта ленты с головкой, м^2; ее можно определить по следу, оставляемому на головке движущейся лентой, если предварительно нанести на рабочую поверхность тонкий слой мела.

Средняя норма контактного давления $p = 8$ кПа.

Пример. Радиус закругления головки $\rho = 10$ мм; контакт с головкой осуществляется по всей ширине ленты, т. е. $b = 6{,}25$ мм; отсюда необходимое натяжение ленты

$$P = p\rho b = 8000 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 6{,}25 \cdot 10^{-3} = 0{,}5 \text{ Н (около 50 г)}.$$

Рабочая поверхность головки может загрязниться магнитным порошком, отделяющимся от движущейся ленты. Это резко ухудшает качество записи. Чистку головки можно производить заточенной спичкой и суконкой, смоченной в спирте. *Применение металлических предметов недопустимо!* Одновременно чистят и весь тракт движения ленты, следя за тем, чтобы пыль, магнитный порошок и небольшие кусочки ленты не попали на движущиеся детали лентопротяжного механизма.

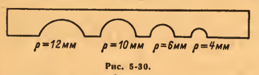


Рис. 5-30.

Новые головки следует размагнитить. Размагничивание производят и при эксплуатации после случайного прикосновения к головке стальным инструментом (например, ножницами, отверткой), а также в случае резкого увеличения шума при воспроизведении.

Для размагничивания применяют ручной электромагнит (рис. 5-27). Включив электромагнит в сеть, плавно подносят его к головке, так же плавно удаляют на расстояние 0,5 м и выключают. Размагничивание следует производить при выключенном магнитофоне. Если головка имеет съемный экран, то перед размагничиванием его надо снять.

Нельзя оставлять электромагнит включенным более 1,5—2 мин, так как он перегревается. Необходимо следить, чтобы в поле электромагнита не оказалась фонограмма.

Сердечник электромагнита собран из 60 пластин электротехнической стали толщиной 0,35 и длиной 70 мм. Обмотка содержит 1680 витков ПЭЛ 0,38 для напряжения сети 220 В или 970 витков ПЭЛ 0,47 для напряжения сети 127 В.

5-6. НАЛАЖИВАНИЕ МАГНИТОФОНОВ

Измерительные магнитные ленты

Согласно ГОСТ 19786-74 изготавливают измерительные магнитные ленты типа ЛИЛ для измерения и контроля параметров бытовых магнитофонов. Комплект измерительных лент состоит из четырех частей.

Часть «У» служит для настройки индикатора уровня магнитофона и содержит запись сигнала 400 Гц с максимальным уровнем записи.

Часть «Ч» содержит нормированную запись ряда частот звукового диапазона.

Часть «Н» представляет собой специальную двухдорожечную фонограмму для установки правильного наклона рабочего зазора магнитной головки.

Часть «Д» содержит запись сигнала 3150 Гц, выполненную с высокой стабильностью скорости; она предназначена для измерения коэффициента детонации.

Комплекты измерительных лент выпускают для скоростей 19,05; 9,05 и 4,76 см/с и, кроме того, раздельно для двух- и четырехдорожечных магнитофонов, а также для катушечных (ширина ленты 6,25 мм) и для кассетных магнитофонов (ширина ленты 3,81 м). Все эти данные обозначены на коробке, в которую упакована измерительная лента.

Испытание лентопротяжного механизма

Зарядив лентопротяжный механизм полной катушкой хорошей ленты (не высохшей, не растянутой, не коробленной и желательно без склеек), проверяют ее движение при записи, воспроизведении и при ускоренных перемотках. Лента должна двигаться равномерно, без толчков; последние можно ощутить, прикоснувшись к ленте пальцем. Во время движения лента не должна перемещаться вверх и вниз более чем на 0,5 мм, считая расстояние от самого верхнего до самого нижнего положения. Для проверки следует вблизи от головок поместить за лентой кусок миллиметровой бумаги и наблюдать за движущейся на фоне этой бумаги лентой через лупу. Большое перемещение может быть вызвано неровной поверхностью прижимного ролика, плохой намоткой ленты на катушки, неправильной установкой направляющих.

Рис. 5-31. Рис. 5-32.

Края ленты не должны цепляться за борта катушек и подминаться на пути своего движения. Если прижим ленты к головкам осуществляется ее натяжением, то последнее должно быть не меньше расчетной величины, приведенной в § 5-5.

Измерение натяжения ленты. В первую очередь натяжение ленты надо проверить со стороны подающего узла в начале рабочего хода при полном рулоне на подающей катушке (когда оно минимально) и в конце (когда оно максимально) с помощью самодельного пружинного динамометра (рис. 5-31; цифрой *1* обозначены указатели правильного направления ленты). Динамометр следует предварительно отградуировать набором гирь. На рис. 5-32 показано, как это делается: здесь *1* — нить, *2* — вспомогательный обводный ролик, *3* — гиря. Отношение максимального натяжения к минимальному не должно превышать двух. Натяжение изменяют регулировкой фрикциона подающего узла. После этого проверяют натяжение ленты со стороны приемного узла; оно должно быть на 20—30% больше натяжения со стороны подающего узла во избежание образования петли при пуске ленты.

Если лента прижимается к универсальной головке лентоприжимом, то натяжение ленты со стороны подающего узла регулируют так, чтобы подача ленты

к головкам была равномерной (без толчков), а прижим ленты к головке стирания обеспечивал равномерное стирание по длине ленты.

Намотка ленты на катушку должна быть ровной, без уступов, лента должна плавно тормозиться при остановке. Слишком резкое торможение опасно, так как может растянуть ленту. Добившись хорошей работы лентопротяжного механизма, можно начать его испытание.

Измерение средней скорости ленты. Необходимо взять полную катушку размагниченной ленты и вклеить в нее два отрезка ленты длиной 1—2 см с какой-либо записью. Первый отрезок вклеивают на расстоянии 3—4 м от начала ленты, а второй — на расстоянии 22,86 м от первого. Расстояние между серединами отрезков надо измерить линейкой возможно точнее, не растягивая при этом ленту. Зарядив в магнитофон изготовленную таким путем контрольную ленту, включают его на воспроизведение и по секундомеру определяют интервал времени между звуковыми импульсами в момент прохождения вклеек около универсальной головки. При скорости ленты 19,05 см/с этот интервал должен быть 120 с, при скорости 9,53 см/с — 240 с и т. д. Отклонение от указанных значений позволяет определить отличие скорости от номинала. Например, если в магнитофоне с номинальной скоростью 19,05 см/с измеренный интервал времени оказался 130 с, то отклонение скорости

$$\frac{(120-130)}{120}\cdot 100\% = -8{,}3\%.$$

Вклейки с записью можно заменить вклейками цветных ракордов. В этом случае наблюдают моменты их прохождения около какой-либо детали механизма, например около направляющей стойки.

Среднюю скорость ленты нужно измерить для двух режимов работы механизма, соответствующих началу и концу записи. Для этого катушку с контрольной лентой первый раз устанавливают на подающий узел, а второй раз — на приемный узел, отмотав 30—35 м ленты на подающую катушку.

Причиной больших отклонений скорости могут быть проскальзывание в передаче от двигателя к ведущему узлу, чрезмерное натяжение ленты со стороны подающего узла (например, из-за неисправности тормоза), неисправность электродвигателя и плохой прижим ленты к ведущему валу из-за выработки резины на прижимном ролике.

Измерение коэффициента детонации. Для этого измерения необходимо иметь измерительную ленту (часть Д) и д е т о н о м е т р. Его включают на выход магнитофона. Если детонометра нет, то производят запись фортепьянной музыки (особенно подходят медленные чередования длительных аккордов) и по качеству звукопроизведения судят о детонации. При плохо работающем лентопротяжном механизме звук «плывет» — рояль звучит как гавайская гитара.

Причиной повышенной детонации являются обычно биения вращающихся деталей лентопротяжного механизма (особенно ведущего вала), выработка резиновых поверхностей роликов, дефекты пассиков, чрезмерно сильное натяжение ленты.

Испытание канала воспроизведения

До испытания канала воспроизведения нужно размагнитить при помощи электромагнита (рис. 5-27) магнитные головки и стальные детали механизма, с которыми соприкасается магнитная лента.

Для испытания канала воспроизведения нужно иметь измерительную ленту, соответствующую скорости ленты (части «У» и «Ч»), ламповый вольтметр и осциллограф.

Проверка правильности установки универсальной (воспроизводящей) головки. Головка устанавливается по высоте в соответствии со стандартным расположением дорожек записи, а ее рабочий зазор должен находиться в середине

угла обхвата головки лентой и под углом 90° к направлению движения ленты. Правильное расположение рабочего зазора *2* магнитной головки *1* по отношению к магнитной ленте *3* показано на рис. 5-33. Выполнение первых двух требований определяют осмотром взаимоположения головки и ленты. Угол наклона магнитной головки *1* (рис. 5-34) регулируют винтом *4*, изменяющим положение площадки *2*, на которой крепится головка. Винт *5* является стопорным; *3* — панель магнитофона, *6* — стальной шарик.

Чтобы установить правильный наклон рабочего зазора воспроизводящей головки, воспроизводят двухдорожечную запись сигналов, содержащуюся в части «Н» измерительной ленты. Воспроизводится одновременно запись обеих дорожек. На них записан сигнал одной и той же частоты с периодически быстро чередующимся сдвигом фаз. На первом и третьем участках

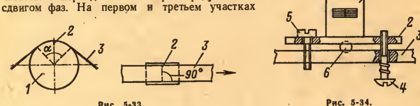


Рис. 5-33. Рис. 5-34.

он равен 180° + φ и 180° — φ соответственно, на втором участке 180°. При правильном наклоне рабочего зазора головки выходное напряжение магнитофона при воспроизведении записи второго участка должно быть минимальным, а при воспроизведении записи первого и третьего участков — одинаковым. Наблюдение за выходным напряжением удобно вести по осциллографу.

Установку наклона рабочего зазора можно производить и без измерительной ленты, воспроизводя хорошую музыкальную запись, сделанную на магнитофоне с заведомо правильно установленной головкой. Изменяя во время воспроизведения наклон рабочего зазора, находят такое его положение, при котором лучше всего воспроизводятся высокие звуки. При этом регулятор тембра надо поставить в положение, соответствующее максимальному усилению на верхних частотах.

Проверка АЧХ канала воспроизведения по измерительной ленте (часть «Ч»). Отсчитывая показания лампового вольтметра на ряде частот, строят АЧХ канала, которая должна находиться в пределах поля допусков по ГОСТ 12392-71 (см. рис. 5-4).

Рис. 5-35.

Если АЧХ канала воспроизведения неудовлетворительна, проверяют АЧХ усилителя в режиме воспроизведения. Для этого на его вход подают напряжение от звукового генератора через делитель R_1R_2 (рис. 5-35), размещаемый непосредственно у головки. Поддерживая напряжение постоянным, изменяют частоту генератора и для каждого ее значения определяют выходное напряжение усилителя. Напряжение генератора должно быть таким, чтобы в пределах всего рабочего диапазона частот напряжение на выходе усилителя не превышало значения, максимально допустимого для данного магнитофона. Характеристика усилителя с магнитной головкой среднего качества должна соответствовать указанной в табл. 5-4. Коррекцию АЧХ производят изменением параметров элементов схемы усилителя.

Причиной плохой АЧХ канала воспроизведения обычно является магнитная головка. Наиболее частые следующие ее дефекты: загрязненность рабочей

поверхности, непрямолинейность рабочего зазора (дефект изготовления), износ сердечника головки и расширение вследствие этого рабочего зазора.

Таблица 5-1

АЧХ усилителя воспроизведения (относительный уровень, дБ)

Скорость ленты, см/с	Частота, Гц									
	40	80	250	400	1000	4000	8000	10 000	12 500	16 000
19	20	14	4	0	—7,2	—14	—15	—15	—15	—15
9	16	12,5	4	0	—7	—12	—13	—11	—9	—
4,76	11,5	10	3,5	0	—6,2	—10	—6	—4	—2	—

При отсутствии измерительной ленты, когда нельзя проверить АЧХ канала воспроизведения, следует лишь установить правильную АЧХ усилителя при воспроизведении, а о качестве головки можно судить, сравнивая звучание хорошей музыкальной записи на испытуемом и на другом, заведомо исправном магнитофоне. Для правильного сравнения надо прослушивание в обоих случаях производить через один и тот же оконечный усилитель и громкоговоритель.

Испытание высокочастотного генератора

Включив магнитофон на запись, но без ленты, измеряют частоту и значение тока через головку стирания. Частоту измеряют с помощью осциллографа методом фигур Лиссажу; она должна соответствовать данным используемого генератора (обычно 40—80 кГц). Ток стирания измеряют ламповым вольтметром, подключенным параллельно резистору сопротивлением 10 Ом, включенному на время измерений последовательно с головкой стирания в заземленный провод. Ток рассчитывают по закону Ома. Подключив к упомянутому резистору осциллограф, проверяют симметричность кривой тока стирания (обычно это синусоидальный ток). Если ток стирания для данной головки мал, надо проверить транзистор (лампу) генератора, режим его работы и изменить емкость включенного последовательно с головкой конденсатора. Отсутствие колебаний или искаженная их форма чаще всего бывают вследствие пробоя между витками катушки контура или неисправности транзистора (лампы). Проверив работу генератора, испытывают качество стирания записей. Для этого можно воспользоваться лентами с ненужными записями, сделанными с большим уровнем. Зарядив ленту в магнитофоне, включают его на 2—3 мин на запись при выведенном регуляторе усиления. Перемотав после этого ленту, прослушивают стертый участок при полностью введенном регуляторе громкости и определяют на слух качество стирания. Нормально старая запись должна слабо прослушиваться только в отдельных, наиболее громких местах.

Причинами плохого стирания могут быть недостаточный ток стирания, загрязнение головки стирания, плохой контакт ее с движущейся лентой, неправильная установка головки по высоте (сердечник головки не перекрывает полностью дорожку записи), либо неисправность головки (чаще всего короткое замыкание части витков обмотки). Последнее можно обнаружить, измерив ее индуктивность.

Испытание канала записи-воспроизведения

Установка тока подмагничивания. На вход усилителя магнитофона подают от звукового генератора напряжение с частотой 1 кГц и регулятором усиления устанавливают уровень записи, при котором затемненный сектор электронно-светового индикатора уровня лишь немного сузился. Производят подряд несколь-

ко записей при различных емкостях конденсатора (или сопротивлениях резистора), регулирующих ток подмагничивания, и запоминают эти положения. Потом, при воспроизведении, сравнивают записи между собой и определяют, для какой из них выходное напряжение усилителя воспроизведения получилось наибольшим. Соответствующее этой записи подмагничивание и устанавливают в магнитофоне.

В магнитофонах с двумя или тремя скоростями подмагничивание подбирается для большей скорости и для ленты того типа, на которую магнитофон рассчитан.

Настройка индикатора уровня записи. На вход магнитофона подают сигнал 400 Гц с напряжением $U_{вх1}$ и регулятором усиления устанавливают схождение затемненного сектора лампы индикатора (или отклонение стрелки индикатора на условленный угол). Производят запись, перематывают ленту и воспроизводят запись, измеряя выходное напряжение $U_{вых1}$ при неизменном положении регулятора усиления. При том же его положении воспроизводят запись части «У» измерительной ленты и измеряют соответствующее ей выходное напряжение $U_{вых2}$. Если $U_{вых1} \approx U_{вых2}$, то индикатор уровня настроен правильно. Если же эти напряжения неодинаковы, то необходима регулировка потенциометра на входе индикатора либо подбор сопротивлений делителя напряжения, после чего входное напряжение магнитофона, вызывающее прежнее показание индикатора, изменяется до значения

$$U_{вх2} = U_{вх1} U_{вых2} / U_{вых1}.$$

Рис. 5-36.

Измерение АЧХ канала запись-воспроизведение. На вход магнитофона подают постоянное напряжение от звукового генератора, производят запись сигналов ряда частот звукового диапазона, воспроизводят эту запись и по результатам измерения выходного напряжения строят АЧХ. Если она неудовлетворительна, то надо проверить АЧХ усилителя при записи. При раздельных головках записи и воспроизведения обязательна регулировка наклона рабочего зазора головки записи (осуществляется при записи сигнала высокой частоты, путем ряда проб). Перед проверкой АЧХ отпаивают провод, по которому от генератора подается в головку ток подмагничивания. В заземленный провод, подходящий к головке, впаивают резистор сопротивлением 100 Ом и параллельно ему подключают ламповый вольтметр. Показания вольтметра будут пропорциональны току записи. После этого магнитофон переключают в режим записи и снимают АЧХ (зависимость тока записи от частоты при постоянном входном напряжении). Она должна быть близка к приведенной на рис. 5-36. Причинами плохой АЧХ канала запись-воспроизведение помимо неудовлетворительной АЧХ усилителя при записи могут быть чрезмерно большой ток подмагничивания и дефекты рабочего зазора магнитной головки. В некоторых случаях универсальная головка может удовлетворительно работать при воспроизведении, но плохо при записи, и наоборот.

Испытание магнитофона заканчивается проведением пробных записей и прослушиванием их. Больше всего для этого подходят записи с хорошего проигрывателя грампластинок или с трансляционной сети. При прослушивании надо обратить внимание на степень заметности нелинейных искажений, фона

и шума. Причиной нелинейных искажений могут быть недостаточный ток подмагничивания, неправильная настройка индикатора уровня (из-за чего возникает перемодуляция) и искажения в усилителе. В последнем случае искажения слышны через громкоговоритель магнитофона уже во время записи.

Источником фона в записи бывает обычно фон усилителя из-за наводок от двигателя, трансформатора питания и пульсаций питающих напряжений. Повышенный шум в записи (шипение) свидетельствует о несимметричной форме тока подмагничивания либо об остаточной намагниченности универсальной головки.

5-7. МИКРОФОНЫ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ ЗВУКОЗАПИСИ

Основные данные микрофонов приведены в табл. 5-5. Микрофон МД-47 применяют с ламповыми магнитофонами, остальные — с транзисторными, хотя и их можно подключать к ламповым магнитофонам через повышающие трансформаторы 1 : 30, 1 : 40. Однонаправленные микрофоны более удобны для записи в шумных помещениях и на улице.

Таблица 5-5

Основные качественные показатели и конструктивные данные микрофонов

Тип микрофона	Номинальный диапазон частот, Гц	Неравномерность АЧХ, дБ	Чувствительность на частоте 1000 Гц при номинальной нагрузке, мВ/Па	Номинальное сопротивление нагрузки, Ом	Средняя разность чувствительности между фронтом и тылом, дБ	Вид характеристики направленности *	Габариты, мм	Масса с подставкой, г
МД-44	100—8000	12	0,63	250	10	ОН	33×50	200
МД-47	100—10 000	20	15	500 000	—	НН	94×71×32	260
МД-55	60—8000	12	1,25	250	—	НН	60×80	1650
МД-200	100—10 000	12	1,5	250	12	ОН	34×120	120
МД-64	100—12 000	10	1,0	250	12	ОН	33×115	200

* НН — ненаправленная круговая, ОН — однонаправленная (кардиоидная).

Нормальное расстояние от микрофона до источника звука 0,5 м. При меньшем расстоянии записанный звук будет казаться глухим, а при большем будет больше ощущаться объем помещения (сильнее реверберация). Для записи звука от многих источников (например, для записи небольшого музыкального ансамбля) ненаправленный микрофон можно подвешивать в центре на высоте 2—2,5 м от пола. При записи на открытом воздухе микрофон надо оберегать от прямого действия ветра. Для этого микрофон можно снабдить коротким рупором или козырьком из картона.

МАГНИТНАЯ ВИДЕОЗАПИСЬ

РАЗДЕЛ 6

СОДЕРЖАНИЕ

6-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Терминология*

Видеомагнитофон — устройство, предназначенное для магнитной видеозаписи и звукозаписи и (или) воспроизведения магнитной видеозаписи и звукозаписи.

Видеомагнитофон-приставка — видеомагнитофон, работающий только с телевизором.

Видеола — видеомагнитофон, встроенный в телевизор.

По назначению видеомагнитофоны разделяются на бытовые, предназначенные для массового потребителя; профессиональные, предназначенные для работы на телецентрах (студийные) или в установках для репортажа (репортажные); полупрофессиональные, предназначенные для работы в замкнутых телевизионных системах в научно-исследовательских лабораториях, учебных, медицинских и других учреждениях.

По способам заправки и хранения ленты видеомагнитофоны разделяются на катушечные, в которых используется лента, намотанная на катушки; кассетные, в которых используется магнитная лента в кассете.

Видеофонограмма — сигналограмма на магнитной ленте, совмещающая в себе видеограмму (запись сигналов изображения) и фонограмму (запись звукового сопровождения).

Строка записи — часть дорожки записи, длина которой ограничена размерами носителя или конструктивными особенностями устройства записи.

Строчная запись — запись, при которой дорожка записи разделена на строки записи. Продольно-строчная, наклонно-строчная и поперечно-строчная запись различаются по расположению строк записи видеограммы относительно направления движения носителя.

Взаимозаменяемость видеозвукозаписей — свойство видеофонограмм и видеомагнитофонов, заключающееся в том, что видеозвукозапись, выполненную на одном видеомагнитофоне, можно воспроизводить на другом, в котором используется тот же способ записи.

Стоп-кадр — режим работы видеомагнитофона, при котором многократно воспроизводится один кадр записанного изображения.

Выпадение сигнала — кратковременный перерыв или недопустимое уменьшение уровня воспроизводимого сигнала, обусловленное дефектами носителя записи или особенностями работы устройства записи и (или) воспроизведения.

Диск головок — вращающийся диск с магнитными головками (одной, двумя или четырьмя), используемыми для видеозаписи и (или) ее воспроизведения (вместо диска иногда применяют коромысло).

Видеоканал — канал записи-воспроизведения ТВ сигнала изображения.

ЧМ канал — канал записи-воспроизведения ЧМ сигнала, в который преобразован записываемый видеосигнал.

САР-СЛ — система автоматического регулирования средней скорости движения магнитной ленты в видеомагнитофоне.

САР-СД — система автоматического регулирования положения и частоты вращения диска головок в видеомагнитофоне.

Система обработки — устройство, предназначенное для регенерации искаженной или «зашумленной» части воспроизводимого ТВ сигнала.

Временные искажения — различие временных масштабов сигналов при записи и воспроизведении, возникающее вследствие отличия скоростей записи и воспроизведения или деформации носителя.

Компенсатор временных искажений — электронное устройство, уменьшающее временные искажения, возникающие в видеомагнитофоне.

Термины, относящиеся к магнитным головкам и магнитным лентам, см. § 5-1.

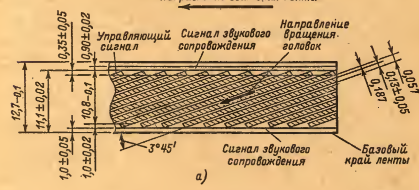
Параметры видеомагнитофонов

Параметры любительских конструкций, предназначаемых для записи и воспроизведения черно-белого и цветного изображения на магнитную ленту шириной 12,7 мм, как и параметры, рекомендуемые для видеомагнитофонов промышленного производства, должны быть следующими:

Число вращающихся головок	2
Диаметр барабана, мм	105 ± 0,022
Номинальная частота вращения барабана, об/мин	1500
Номинальная скорость ленты $v_л$, см/с	14,29
Допускаемые отклонения $v_л$:	
при записи черно-белого изображения, %	± 2
при записи цветного изображения, %	± 0,3
Частота ЧМ сигнала:	
на уровне синхроимпульсов, МГц	3,0 ± 0,15
на уровне белого, МГц	4,4 ± 0,15
на уровне ограничения по пикам белого, МГц	4,8 ± 0,15
Поднесущая цветности при записи цветного изображения:	
красная строка, МГц	0,594
синяя строка, МГц	0,750

Уровень тока записи относительно значения тока записи сигнала яркости (в цветном видеомагнитофоне) — (22,0 ± 0,5) дБ.

Размеры элементов видеофонограммы на магнитной ленте шириной 12,7 мм показаны на рис. 6-1, *а* и на ленте шириной 25,4 мм — на рис. 6-1, *б*. В послед-



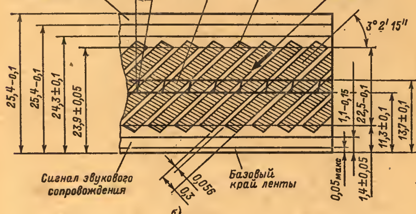


Рис. 6-1.

нем случае запись сигнала изображения осуществляется одной головкой, вращающейся с частотой 3000 об/мин, диаметр барабана $135_{-0,022}$ мм, номинальная скорость ленты 24,053 см/с.

Скорость записи сигналов звукового сопровождения во всех случаях равна скорости ленты.

6-2. СТРУКТУРНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ВИДЕОМАГНИТОФОНОВ

Запись и воспроизведение телевизионного сигнала

Процесс магнитной видеозаписи более сложен, чем процесс звукозаписи. Это связано с тем, что верхняя частота видеосигнала достигает 6 МГц, а рабочая полоса частот занимает 18 октав. Кроме того, при воспроизведении необходимо иметь отношение сигнал/шум не ниже 40 дБ и сохранить временные соотношения в сигнале, иначе возникнут геометрические искажения изображе-

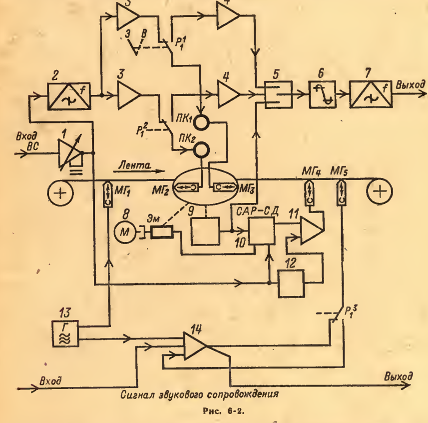


Рис. 6-2.

ния. Запись в видеомагнитофоне происходит при значительно более высокой относительной скорости головка — лента, получаемой благодаря вращению головок при одновременном перемещении ленты. Для уменьшения влияния паразитной АМ и уменьшения отношения верхней записываемой частоты к нижней применяют частотную модуляцию и записывают на ленту ЧМ сигнал. Сохранение требуемых временных соотношений достигается применением высокоточных лентопротяжных механизмов и систем автоматического регулирования. Воспроизводимый сигнал обычно подвергают обработке, при которой выпаде-

ния элементов сигнала становятся менее заметными, электронным путем снижают временные искажения, регулируют размах и улучшают форму импульсной части полного ТВ сигнала.

В телевизионном вещании используют видеомагнитофоны с четырьмя вращающимися головками, записывающими строки поперек магнитной ленты шириной 50,8 мм. Для бытовой видеозаписи обычно применяют ленту шириной 12,7 мм и записывают на нее сигнал изображения двумя вращающимися головками, наносящими на ленту строки под острым углом к направлению движения ленты. Существуют также видеомагнитофоны, записывающие изображение на ленте шириной 6,25 мм двумя или даже одной вращающейся магнитной головкой. Хотя одноголовочные видеомагнитофоны в принципе обеспечивают более высокое качество записи, чем двухголовочные, последние предпочитают для бытовых целей.

Упрощенная структурная схема бытового видеомагнитофона для записи черно-белых ТВ сигналов приведена на рис. 6-2.

Записываемый ТВ сигнал проходит через устройство автоматической регулировки уровня *1*, фиксируется по уровню «черного», и через цепь высокочастотных предыскажений поступает на модулятор *2*. Полученный на его выходе ЧМ сигнал усиливается усилителями записи *3* (применение отдельных усилителей для каждой из головок в отдельности позволяет индивидуально подбирать оптимальные токи записи) и через контакты P_1^1, P_1^2 реле переключения рода работы и токосъемники $ПК_1$, $ПК_2$ блока вращающихся головок подается на головки $МГ_2$ и $МГ_3$. Вместе с тем ТВ сигнал поступает в опорный селектор *12*, где из него выделяются кадровые синхроимпульсы. Последние усиливаются усилителем записи сигнала управления *11* и записываются на ленту головкой $МГ_4$. Сигнал звукового сопровождения подается на универсальный усилитель *14* и записывается головкой $МГ_5$, в которую поступает ток высокочастотного подмагничивания от генератора *13*. Ранее сделанная запись стирается головкой $МГ_1$, питаемой от того же генератора.

При воспроизведении ЧМ сигнал от головок проходит через контакты реле P_1^1 и P_1^2 усиливается и корректируется усилителями *4* и поступает в электронный переключатель *5*, который объединяет оба сигнала путем поочередного подключения усилителя, на выходе которого имеется воспроизводимый сигнал.

Суммарный ЧМ сигнал через ограничитель *6* подается на демодулятор *7*. На выходе демодулятора образуется видеосигнал, который может быть подан через адаптер на телевизор.

Сигнал звукового сопровождения воспроизводится головкой $МГ_5$, усиливается и корректируется усилителем *14* и через адаптер поступает на вход канала звукового сопровождения телевизора (либо непосредственно на громкоговоритель).

Во всех режимах работы двигатели лентопротяжного механизма питаются от сети и имеют постоянную частоту вращения.

Системы автоматического регулирования бытовых видеомагнитофонов

В простейших бытовых видеомагнитофонах скорость движения магнитной ленты не регулируется, а частота вращения диска стабилизируется управляющим сигналом, воспроизводимым головкой $МГ_4$ и усиливаемым усилителем *11*. Частота вращения диска БВГ с головками $МГ_2$ и $МГ_3$ и их положение по отношению к ленте должны быть строго определенными как при записи, так и при воспроизведении. Для обеспечения этого служит система автоматического регулирования частоты вращения диска (типа САР-СД) *10*, в которую также входит тахогенератор (рис. 6-3, *а*) и электромагнитный тормоз *Эм*.

Регулирование частоты вращения диска БВГ с помощью магнитного тормоза осуществляется следующим образом. Диск БВГ вращается через

резиновый пассик синхронным двигателем *8*, питаемым от сети. При подаче в обмотку магнитного тормоза управляющего тока частота вращения начинает уменьшаться из-за возникающего торможения и проскальзывания пассика. Выбором соотношения диаметров шкивов частота вращения диска БВГ в отсутствие тока в магнитном тормозе устанавливается на 1—2% выше номинальной; это дает возможность регулировать частоту вращения в обе стороны от ее номинального значения.

Структурная схема простейшей САР-СД с магнитным тормозом изображена на рис. 6-3, *а*. Опорный сигнал (обычно полукадровые импульсы, выделяемые из записываемого видеосигнала) подается на фазовый дискриминатор *4* и записывается на ленту головкой управления $МГ_4$. В фазовом дискриминаторе с опорным сигналом сравниваются импульсы тахогенератора *2*, предварительно сформированные формирователем *3*. Сигнал ошибки с фазового дискриминатора усиливается УПТ *5* и подается в электромагнитный тормоз *Эм*. При воспроизведении записанные импульсы воспроизводятся головкой $МГ_4$, усиливаются усилителем воспроизведения *6* и подаются на вход фазового дискриминатора *4* вместо опорного сигнала. Так как диск с вращающейся головкой *1*, тормозом и тахогенератором находятся на оси двигателя *7*, положение головки фиксируется в пространстве. Это обеспечивает совпадение траектории движения воспроизводящих головок с записанными магнитными дорожками.

Рис. 6-3.

Применяемая в кассетном магнитофоне САР по структурной схеме, приведенной на рис. 6-3, *б*, обеспечивает бо́льшую точность поддержания частоты вращения диска БВГ. Здесь ведущий *7* и скоростной *13* двигатели питаются от усилителей мощности *5* и *12*. Блок головок и ведущий вал непосредственно скреплены с роторами двигателей. Двигатели имеют тахогенераторы *2* и *14*, сигналы от которых формируются ограничителями *3* и *10* и подстраиваются под опорную частоту по частоте и фазе с помощью частотных *6*, *9* и фазовых *4*, *8* дискриминаторов. Перед подачей на усилители сигналы ошибки суммируются сумматорами *1* и *11*.

Запись цветного телевизионного сигнала в бытовых видеомагнитофонах

Запись цветного телевизионного сигнала системы «Секам» в бытовых видеомагнитофонах производится способом переноса сигналов цветности в ЧМ канал (ПЧМ). Способ этот состоит в следующем. Сигналы цветности E'_D и яркости E'_Y

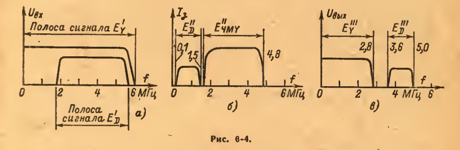


Рис. 6-4.

(рис. 6-4, *а*) * перед записью разделяют либо фильтрами, либо вычитанием из полного видеосигнала сигнала яркости, прошедшего через фильтр нижних частот с плавно спадающей АЧХ. При этом спектры сигналов сужаются.

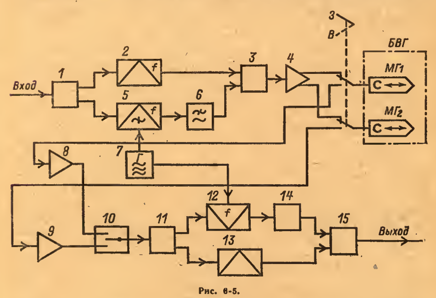


Рис. 6-5.

Затем сигнал E'_Y преобразуют в ЧМ сигнал ($E''_{ЧМ\,Y}$ на рис. 6-4, *б*), а сигнал цветности переносят в область нижних частот путем гетеродинирования (E''_D). Сумму этих сигналов записывают на ленту.

---

* Полоса частот E'_D на рис. 6-4, *а* соответствует общей полосе частот сигналов E'_{R-Y} и E'_{B-Y}.

При воспроизведении сигналы E''_D и $E''_{ЧМY}$ разделяют по частоте, демодулируют ЧМ сигнал, получая сигнал яркости E'''_Y (рис. 6-4, *в*), а сигнал цветности переносят путем гетеродинирования в область верхних частот с таким расчетом, чтобы в полученном сигнале E'''_D частоты цветовых поднесущих имели такие же значения, как в исходном видеосигнале.

Структурная схема устройства, в которой осуществляется описанное преобразование, показана на рис. 6-5. Сигналы яркости и цветности выделяются разделителем *1*. Сигнал яркости подается на частотный модулятор *2* и далее на сумматор *3*. На смеситель *5* поступают сигнал цветности и напряжение от гете-

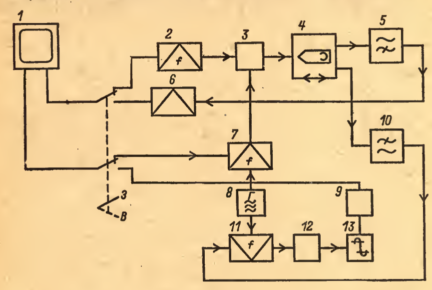


Рис. 6-6.

родина *7*. Нижняя боковая полоса частот сигнала, полученного на выходе смесителя, выделяется фильтром нижних частот *6* и подается на сумматор *3*. Полученный на его выходе сигнал усиливается усилителем *4* и записывается на ленте головками $МГ_1$ и $МГ_2$.

При воспроизведении сигналы от головок усиливаются усилителями *8*, *9*, объединяются в переключателе *10* и поступают на разделитель *11*. Здесь сигнал E''_D выделяется фильтром нижних частот и поступает в смеситель *12*, в котором смешивается с сигналом гетеродина *7* и переносится в область частот исходного сигнала цветности (сигнал E'''_D). Нижняя боковая спектра на выходе смесителя подавляется фильтром верхних частот *14*. Высокочастотная часть спектра воспроизводимого сигнала (сигнал $E'''_{ЧМY}$) подается в ограничитель и демодулятор *13*, где демодулируется. Полученный сигнал яркости E''_Y поступает в сумматор *15*, в котором суммируется с сигналом E'''_D.

«Цветная» приставка к видеомагнитофону (рис. 6-6). С ее помощью на видеомагнитофон, предназначенный для записи сигналов черно-белого телевидения, записывают цветной телевизионный сигнал способом ПЧМ. Приставка работает аналогично предыдущему устройству. Здесь *1* — цветной телевизор; *2* — модулятор; *3* — смеситель; *4* — видеомагнитофон; *5* — фильтр верхних ча-

стот; *6* — демодулятор; *7* — смеситель; *8* — гетеродин; *9* — фильтр ВЧ коррекции; *10* — фильтр нижних частот; *11* — смеситель; *12* — фильтр ВЧ декоррекции; *13* — ограничитель.

Фильтры *9* и *12* имеют характеристики, принятые в системе «Секам». Совместно с ограничителем они позволяют повысить качество воспроизводимого сигнала цветности.

Видеомагнитофон-приставка к цветному телевизору. Запись изображения осуществляется на ленте шириной 6,25 мм (максимально высокого качества, например А4407-6) прямым способом, без использования вращающихся головок и цепи частотной модуляции, головками с рабочим зазором шириной 0,8—1 мкм. Скорость ленты 3 м/с (при высококачественных головках 1,5 м/с). При

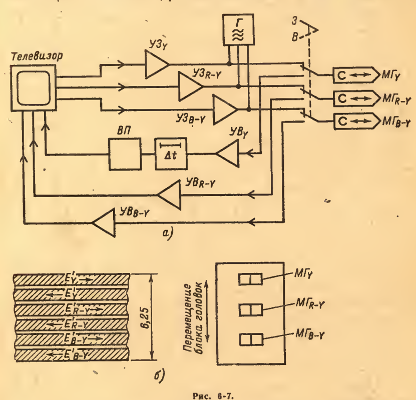


Рис. 6-7.

движении ленты в одну сторону одновременно записываются три параллельные магнитные строки (рис. 6-7 *б*). При обратном движении ленты магнитные строки записываются в промежутках между строками, записанными при движении ленты в прямом направлении, для чего блок головок перемещается по вертикали на ширину одной строки. В остальном конструкция лентопротяжного механизма такая же, как в обычном магнитофоне. Записываемые сигналы снимаются с матрицы декодирующего устройства цветного телевизора (рис. 6-7). Сигналы E'_Y, E'_{R-Y}, E'_{B-Y}, спектры которых сужены фильтрами, усиливаются и корректируются усилителями $УЗ_Y$, $УЗ_{R-Y}$, $УЗ_{B-Y}$ и поступают на записывающие го-

ловки $МГ_Y$, $МГ_{R-Y}$, $МГ_{B-Y}$, на которые подается подмагничивание от высокочастотного генератора (частота 6—8 МГц).

При воспроизведении сигналы от головок усиливаются и корректируются усилителями $УВ_Y$, $УВ_{R-Y}$, $УВ_{B-Y}$ и поступают на матрицу декодирующего устройства телевизора. В канал E'_Y включены линия задержки для фазирования сигналов яркости и цветности, и устройство восстановления постоянной составляющей *ВП*.

Качество сигнала, воспроизводимого приставкой, ниже, чем при использовании обычного видеомагнитофона, так как запись производится при скорости движения ленты в 3 раза меньшей, чем в видеомагнитофонах с вращающимися головками.

Структурная схема видеомагнитофона «Электроника-501-видео»

При работе видеомагнитофона, работающего в комплекте с телевизионной камерой в режиме записи (рис. 6-8, *а*), сигнал от камеры подается на вход усилителя *1*, далее через ФНЧ *2* с частотой среза 3 МГц и усилитель *4* — на цепи фиксации уровня черного *5*. На выход усилителя *4*, кроме того, подключены: устройство АРУ *3*, автоматически поддерживающее необходимый уровень видеосигнала, и выходной усилитель *18*, с которого сигнал поступает на телевизор, позволяющий контролировать записываемую программу. Выход цепи фиксации *5* соединен цепью предыскажений *6*, осуществляющей подъем верхних частот записываемого сигнала перед подачей его на модулятор *8*. Ограничитель *7* устраняет выбросы, превышающие уровень белого, способные вызвать перемодуляцию. С выхода модулятора ЧМ сигнал поступает через усилитель записи *9* и токосъемники $ПК_1$, $ПК_2$, и $ПК_3$ в головки $МГ_1$ и $МГ_2$.

В режиме воспроизведения головки включены через согласующие трансформаторы $Тр_1$ и $Тр_2$ на входы предварительных усилителей *10* и *11*. Усиленный ЧМ сигнал поступает на переключатель *13*. Отпирание и запирание усилителей происходит синхронно с поворотом диска БВГ импульсами, поступающими с цепи формирования *12* и тахогенератора *14*, связанного с диском БВГ механически. С выхода переключателя *13* ЧМ сигнал поступает через усилитель *15* и ограничитель *16* на демодулятор *17*. Демодулированный видеосигнал усиливается усилителем *18* и подается в селектор САР и адаптер телевизора.

САР видеомагнитофона (рис. 6-8, *б*) управляет ведущим *14* и дополнительным *15* двигателями, связанными с помощью пассиков со шкивом на маховике ведущего вала. На валу ведущего двигателя установлены индукционные тахогенераторы: *13* полукадровой частоты, *16* строчной частоты и *7* частоты вращения двигателя.

При записи от телекамеры (переключатель в положении «Телекамера») САР работает автономно. Вырабатываемые тахогенератором *16* колебания с частотой 15 625 Гц усиливаются усилителем *17*, формируются формирователем *18* и через делитель частоты *19* подаются на вход генератора опорной частоты *20* и цепь сравнения *21*. В ней происходит сравнение по длительности импульсов тахогенератора и опорных импульсов. Устройство сравнения вырабатывает сигнал, управляющий устройством питания *22* ведущего двигателя *14*. При отклонении частоты вращения этого двигателя от номинального значения изменяется частота импульсов тахогенератора, поступающих на делитель *19*. Так как частота генератора *20* постоянна, на выходе устройства сравнения вырабатывается сигнал, поддерживающий номинальную частоту вращения ведущего двигателя *14*. Синхронизация телевизионной камеры также осуществляется опорным генератором *20*.

Импульсы синхронизации строчной и кадровой разверток камеры формируются блоками *11* из сигналов, вырабатываемых соответственно тахогенераторами *13* и *16*. Кроме того, кадровые импульсы с частотой следования 50 Гц выделяются из записываемого сигнала селектором *1* и запускают ждущий мультивибратор *2*. При работе с телекамерой он выполняет роль делителя частоты

на два. Установка мультивибратора *2* в исходное положение осуществляется импульсами с частотой следования 25 Гц, вырабатываемыми тахогенератором *7*. Они поступают на мультивибратор через усилитель *5* и цепь формирования *3*.

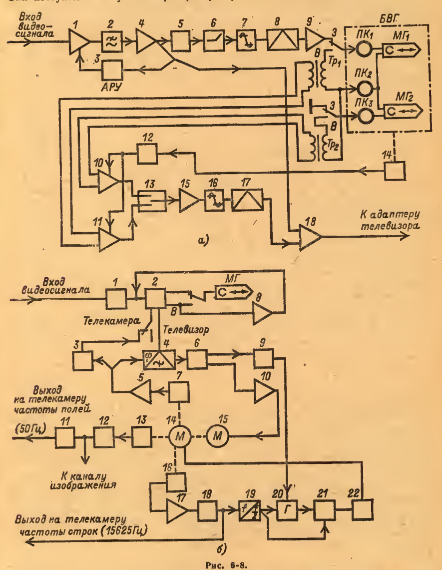


Рис. 6-8.

Импульсы мультивибратора через дифференцирующую цепь (на схеме не показана) подаются в головку *МГ* и записываются на ленту (дорожка записи управляющего сигнала на рис. 6-1).

Аналогично записываются управляющие сигналы при работе с телевизором. В этом режиме САР регулирует частоту вращения ведущего двигателя так, чтобы частота датчика оборотов *7* была равна частоте кадров сигнала, поступающего с телевизора. Импульсы с выхода мультивибратора *2* через интегрирующую цепь подаются в фазовый дискриминатор *4* (переключатель ставится в положение «Телевизор»), на который также поступают импульсы от тахогенератора *7*. Сигнал, амплитуда которого пропорциональна разности частот импульсов, подаваемых на дискриминатор *4*, поступает через интегрирующую цепь *6* в преобразователь *9* и изменяет сопротивление времязадающей цепи опорного генератора *20*.

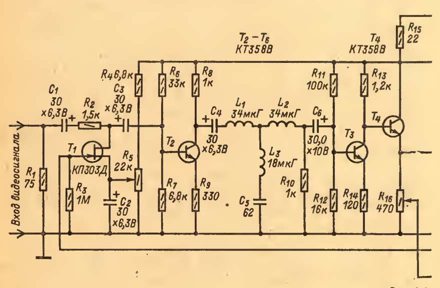


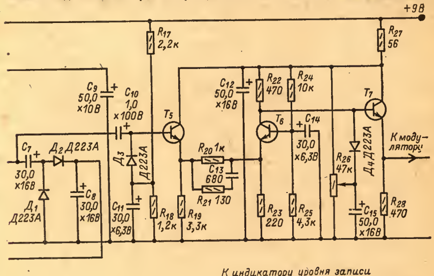
Рис. 6-9.

При воспроизведении, как и при записи от телекамеры, САР работает автономно, но дополнительно включается цепь регулирования скорости ленты. В этом режиме управляющие сигналы, воспроизводимые головкой *МГ* и усиленные усилителем *8*, запускают мультивибратор *2*. Его импульсы, следующие с частотой 25 Гц, подаются в дискриминатор *4*, куда также приходят импульсы с тахогенератора *7*. Сигнал ошибки с выхода дискриминатора подается на усилитель мощности *10*, нагрузкой которого является электродвигатель *15*. При отставании по фазе управляющих импульсов от импульсов тахогенератора частота вращения этого двигателя увеличивается, что приводит к увеличению скорости ленты до тех пор, пока импульсы не сфазируются. При опережении частота вращения двигателя *15* снизится, что приводит к уменьшению скорости ленты до тех пор, пока она станет равной номинальной. Каналы записи и воспроизведения звукового сопровождения видеомагнитофонов строятся так же, как в магнитофонах.

Электрические схемы узлов видеомагнитофона

Входной видеоусилитель (рис. 6-9) содержит АРУ, ФНЧ, устройство фиксации уровня черного и ограничитель уровня белого. Видеосигнал размахом 1 В на входном сопротивлении 75 Ом должен обеспечивать номинальную девиа-

цию несущей частоты видеомагнитофона. При меньшем или большем размахе входного сигнала АРУ срабатывает, поддерживая постоянный уровень выходного сигнала. Сигнал АРУ вырабатывается детектором (диоды $Д_1$ и $Д_2$) и изменяет ток стока транзистора T_1, изменяя отношение значений сигнала на резисторе R_2 и выходном сопротивлении T_1. Режим этого транзистора устанавливают переменным резистором R_5. Между каскадами на транзисторах T_2 и T_3, T_4 включен фильтр, ограничивающий полосу входного сигнала до 2,7 МГц. С помощью диода $Д_3$ осуществляется неуправляемая привязка уровня синхроимпульсов. Цепь $R_{20}R_{21}C_{13}$ увеличивает уровень высокочастотных составляющих записываемого видеосигнала. Транзистор T_6 и диод $Д_4$ образуют малоинерционный



ограничитель пиков белого (порог ограничения устанавливают переменным транзистором R_{26}). Нагрузкой ограничителя служит эмиттерный повторитель на транзисторе T_7.

Двухканальный предварительный усилитель воспроизведения (рис. 6-10) содержит в каждом канале каскодные усилители (T_1, T_5 и T_3, T_6), имеющие малую входную емкость и низкий уровень шума в рабочем диапазоне частот 0,3—6 МГц. Ключевые каскады на транзисторах T_2 и T_4 насыщаются импульсами, поступающими от тахогенератора, и запирают поочередно каналы воспроизведения на время, пока головка не находится в контакте с лентой. К обоим входам усилителя через токосъемники (см. далее описание конструкции БВГ) подключаются головки. Повышающие трансформаторы Tp_1, Tp_2 выполнены на ферритовых кольцевых сердечниках. Индуктивность их обмоток рассчитывается в соответствии с применяемыми головками. Во входных каскадах вместо полевых транзисторов можно применить биполярные транзисторы типа КТ311Ж или ГТ329Б с ООС в цепи эмиттера.

Ограничитель выполняется из 3—4 включаемых последовательно одинаковых ячеек, каждая из которых дает ограничение 10—16 дБ. Ячейка содержит усилитель с индуктивной ВЧ коррекцией, нагруженный на два встречно-включенных диода $Д_1$ и $Д_2$ (рис. 6-11).

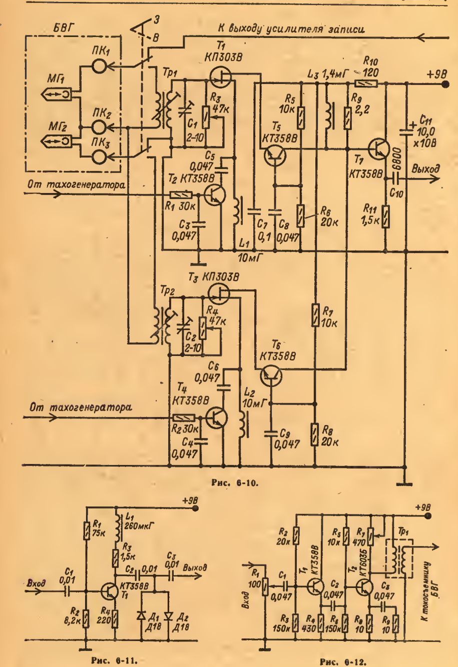


Рис. 6-10.

Рис. 6-11.

Рис. 6-12.

На вход первой ячейки поступает сигнал с выхода усилителя воспроизведения, а с выхода последней ячейки сигнал подается на демодулятор.

Усилитель записи ЧМ сигнала усиливает сигнал прямоугольной формы с временем нарастания не более 40 нс. На входе усилителя (рис. 6-12) включен регулятор тока записи R_1, его нагрузкой является эмиттерный повторитель на транзисторе T_1. Выходной каскад на транзисторе T_2 имеет регулируемую коррекцию R_7 и цепь высокочастотной коррекции C_3, R_9. Головка согласовывается с выходным каскадом с помощью трансформатора Tp_1, выполненного на ферритовом кольце, в экране.

Рис. 6-13.

Усилитель постоянного тока (рис. 6-13) служит для управления частотой вращения двигателя. На его вход поступает сигнал от фазового дискриминатора. Между эмиттерным повторителем T_1 и усилителем T_2 включена интегрирующая цепь R_4, C_1. Конденсатор C_4 и дроссель L_1 снижают создаваемые двигателем помехи.

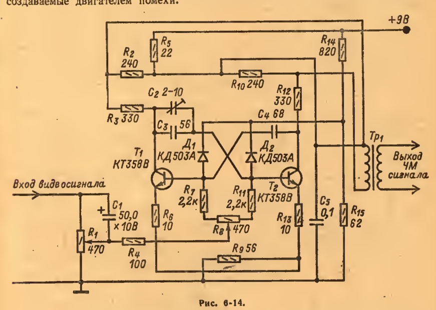


Рис. 6-14.

Дроссель намотан на резисторе МЛТ-0,5-100 Ом проводом ПЭВ-2 0,15—0,25; число витков (10—15) × 2.

Модулятор (рис. 6-14) осуществляет модуляцию несущей частоты поступающим видеосигналом в соответствии с графиком на рис. 6-15. Частоты на выходе модулятора имеют следующие значения:

частота, соответствующая уровню вершин синхроимпульсов, $f_1 = 3{,}00 \pm 0{,}15$ МГц;

частота, соответствующая уровню гасящих импульсов, $f_2 = 3{,}42 \pm 0{,}15$ МГц;

частота для пикового значения уровня белого $f_3 = 4{,}40 \pm 0{,}15$ МГц;

частота ограничения уровня белого $f_4 = 4{,}80 \pm 0{,}15$ МГц;

девиация частоты $\Delta f = f_3 - f_1 = 1{,}40$ МГц.

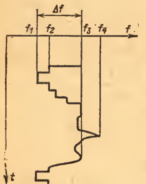


Рис. 6-15.

Частота модулятора, представляющего собой мультивибратор на транзисторах, управляется поступающим на вход модулирующим видеосигналом. Несущая частота определяется времязадающими цепями C_2 и C_3, R_7, R_{11} и C_4. Для увеличения крутизны спада импульсов делитель напряжения R_{14}, R_{15} соединен с базами транзисторов T_1 и T_2 через диоды $Д_1$ и $Д_2$.

Демодулятор (рис. 6-16) состоит из эмиттерного повторителя на транзисторе T_1, нагрузкой которого является удвоитель частоты на диодах $Д_1$ и $Д_2$, и усилителя на транзисторе T_2, выход которого соединен с ФНЧ, выполненным на индуктивностях $L_1 - L_5$ и конденсаторах $C_6 - C_{11}$. Подстроечный резистор R_6 служит для симметрирования удвоителя частоты. Фильтр должен подавлять несущую частоту, не внося искажений в спектр демодулированного видеосигнала. Неточная настройка фильтра вызывает окантовки и муар на изображении.

Триггер САР (рис. 6-17) служит для формирования импульсов, поступающих на его вход от высокочастотного тахогенератора диска БВГ. Запускающие импульсы подаются на базу транзистора T_1.

Опорный мультивибратор САР (рис. 6-18) определяет частоту вращения вала двигателя головок и частоту развертки телекамеры. Имеются цепи подачи

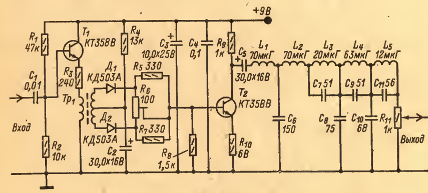


Рис. 6-16.

импульсов от высокочастотного тахогенератора блока видеоголовок (через диод $Д_1$) на мультивибратор и импульсов для синхронизации телекамеры.

Селектор кадровых импульсов (рис. 6-19) содержит два усилительных каскада, между которыми включены интегрирующие звенья R_5C_5 и R_6C_6. На вход селектора поступает видеосигнал, а выход соединяется с фазовым дискриминатором. Цепь R_1C_2 служит для защиты от импульсных помех.

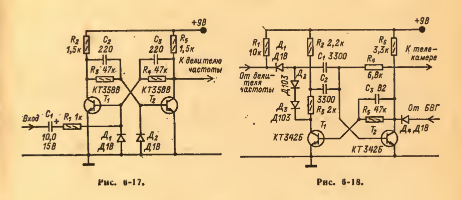


Рис. 6-17.

Рис. 6-18.

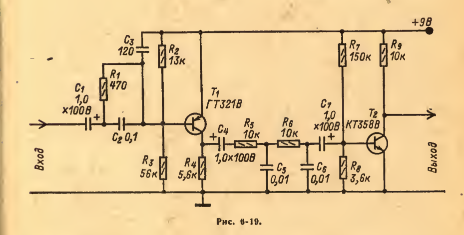


Рис. 6-19.

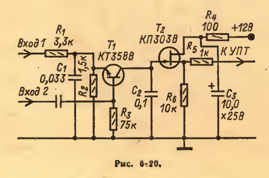


Рис. 6-20.

Фазовый дискримииатор САР (рис. 6-20). На вход *1* поступают импульсы с выхода усилителя канала управления, а на вход *2* импульсы от тахогенератора БВГ (25 Гц). Сигнал ошибки выделяется в цепи коллектора, интегрируется конденсатором C_2 и через истоковый повторитель и резистор R_5 подается на вход УПТ САР.

Электрические схемы каналов звукового сопровождения, генераторов стирания и подмагничивания, блоков питания и коммутации мало отличаются от схем аналогичных узлов магнитофонов.

6-3. ЛЕНТОПРОТЯЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Лентопротяжные механизмы (ЛПМ) видеомагнитофонов выполняют те же функции, что и в магнитофонах. Поэтому конструкции их приемного, подающего, ведущего и других узлов аналогичны соответствующим узлам, описанным в разд. 5. Основное отличие ЛПМ видеомагнитофона состоит в наличии блока вращающихся головок БВГ (рис. 6-21).

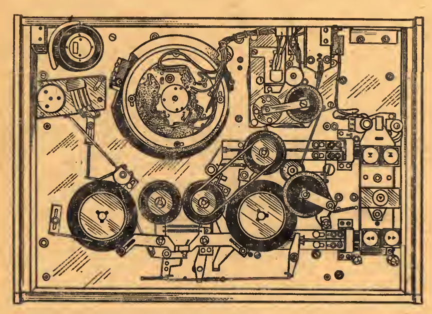


Рис. 6-21.

В одноголовочных видеомагнитофонах за один оборот диска на одной строчке записывают один полукадр телевизионного изображения, а в двухголовочном — два. Поэтому в одноголовочном видеомагнитофоне частота вращения диска $n = 3000$ об/мин, а в двухголовочном — 1500 об/мин. Диаметр диска D и скорость записи $v_з$ связаны соотношением

$$v_з = \pi D n$$

В то же время верхняя частота $f_в$, записываемая на ленту, равна

$$f_в = v_з/\lambda_{мин},$$

где $\lambda_{мин} = 2 \div 3$ мкм — минимальная длина записываемой на ленту волны; чем выше качество головок и лент, тем $\lambda_{мин}$ меньше.

При равных диаметрах диска в одноголовочном видеомагнитофоне скорость записи вдвое выше и, следовательно, выше записываемая частота. Так как угол наклона магнитной строки обычно равен 3—5°, а ее длина равна πD, то неравномерность скорости движения ленты, вызываемая плохой ее намоткой на катушки, биением обводных роликов или ведущего вала непосредственно влияет на временные искажения воспроизводимого изображения. Чем равномернее скорость движения ленты в ЛПМ и частота вращения диска, тем стабильнее изображение на экране. Стабильное изображение легче получить при короткой магнитной строке и небольших размерах диска БВГ.

Кинематическая схема ЛПМ одноголовочного видеомагнитофона с трактом типа Ω-петля (рис. 6-22). Угол охвата лентой *1* блока головок *5* составляет 360°. Для уменьшения влияния приемной *14* и подающей *10* катушек на неравномерность скорости ленты последняя прижимается к ведущему валу *16* с двух сторон — правым *11* и левым *15* прижимными роликами. Ведущий двигатель *13* приводит в движение ведущий вал *16* через ремень *12*. Двигатель *9* блока головок *5*

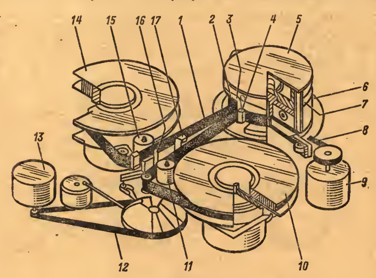


Рис. 6-22.

вращает диск *6* с головкой *7* с помощью ремня *8*. Диск управляется встроенным внутрь БВГ тормозом. Звуковые головки и головка канала управления *17* расположены внутри замкнутой петли ленты. Лента входит на барабан и выходит с него через наклонные направляющие *2* и *4*, фиксируемые в рабочем режиме стопором *3*. Направляющие максимально приближены к барабану и сведены друг с другом для того, чтобы уменьшить длительность провала в воспроизводимом сигнале при переходе головки с верхнего края ленты на нижний. Основные недостатки одноголовочных видеомагнитофонов — большие потери на трение из-за угла охвата барабана на 360° и провал в сигнале, усложненная заправка ленты.

В кинематической схеме ЛПМ (рис. 6-23) двухголовочного видеомагнитофона БВГ охватывается лентой на угол, несколько больший 180°. ЛПМ состоит из ведущего вала *32*, приемного *19* и подающего *14* узлов, на которые устанавливаются катушки *16* и *20* с лентой *7*, блок видеоголовок *18* с двигателем *1*, вспо-

могательного двигателя *41* со шкивом *40* (*39* — резиновый пассик) и ряда направляющих роликов и стоек (*22*, *26—30*, *33*, *34*, *37*). На оси двигателя *1* закреплено коромысло *45* с вращающимися головками *6*, токосъемники *21* и *44* и тахогенератор частоты кадров *42*, имеющий катушки *9* и *23*, и тахогенератор частоты строк *3*. В режимах записи и воспроизведения вращение двигателя с помощью шкивов *46* и *47* и резиновых пассиков *2* и *43* передается маховику *38* ведущего вала *32* и шкиву *4* промежуточного вала *5*. Прижатие ленты *7* осуществляется обрезиненным роликом *31*, который двигается электромагнитом *35*. Для образования «замкнутой петли» лента в этих режимах прижимается к ролику *31* и с противоположной стороны, где она охватывает свободно вращающийся ролик *30*. Для повышения стабильности натяжения на левой катушке применен механический стабилизатор, состоящий из рычага *15* со штырем *17*, связанным с металлической лентой, оклеенной кожей, и пружины *13*. До конической направляющей стойки *28* лента движется параллельно плоскости катушки, а после нее ложится нижним краем на направляющую *8*, закрепленную на барабане *18* блока видеоголовок. По ходу движения ленты внутри петли помещены стирающая головка *24* и блок универсальных головок *36*. При перемотке ленты вперед ролик *31* отводит ленту от ведущего вала, пассик *10* прижимается к приемному узлу и частота вращения приемной катушки значительно возрастает. В режиме обратной перемотки этот же пассик через промежуточный ролик *12* передает вращение подающему узлу от шкива *11* промежуточного вала *5* через шкив *25*.

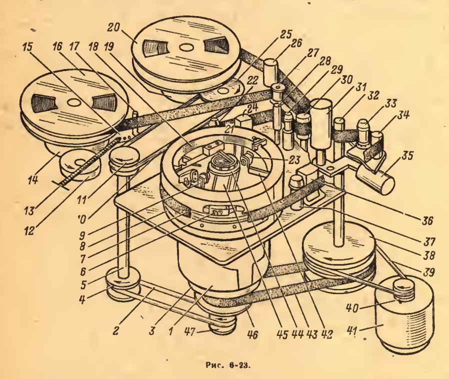


Рис. 6-23.

Оба двигателя коллекторные, постояннотоковые с возбуждением от постоянных ферритбариевых магнитов. Напряжение питания первого — 7 В, второго —

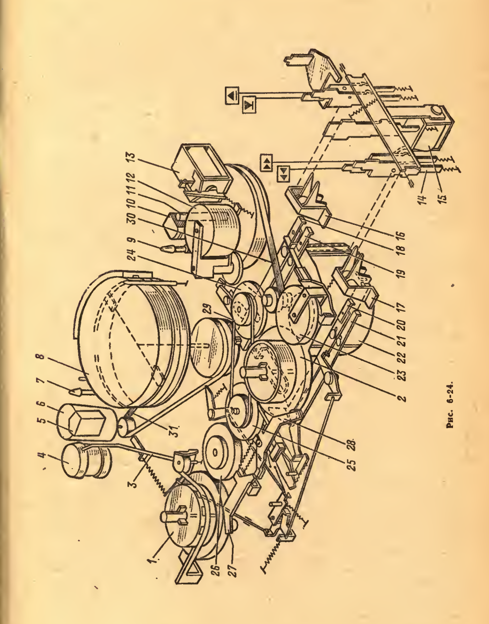

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

Рис. 6-24.

4,5 В; частота вращения соответственно 1500 и 2500 об/мин; мощности потребления — 3,65 и 1,35 Вт.

ЛПМ типа «замкнутая петля» имеет хорошую стабильность, но неудобен в эксплуатации, так как заправка ленты затруднена. Этот недостаток значительно уменьшен в устройстве, кинематическая схема которого приведена на рис. 6-24. ЛПМ типа «разомкнутая Ω-петля» имеет ведущий двигатель *22*, двигатель блока головок *6*, подающий узел *1*, приемный узел *2*, ведущий вал *11* с маховиком, прижимной ролик *12*, обводной ролик *4*, направляющие стойки *7* и *9*. Для поддержания постоянного натяжения в тракте подающий узел снабжен механическим тормозом с рычагом *3* и пружиной. Передача движения от двигателей производится ременными передачами *29*, *30*, *31*, фрикционной подмоткой *23* и шкивами перемотки *24*, *25*, *26*. По ходу движения со стороны основы помещена стирающая головка *5* (при таком расположении стирающей головки рабочий слой ленты не изнашивается), блок вращающихся головок *8* Рядом с ведущим валом расположена универсальная головка *10*. Переключение режимов работы осуществляется от кнопочной станции *14* толкателями *18*, *19*, *20*, *21* со скобами *16*, *17*, рычагами *27*, *28* и электромагнитами *13*, *15*. Большим преимуществом ЛПМ является удобство заправки ленты и ее малый износ при эксплуатации.

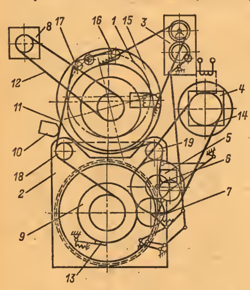


Рис. 6-25.

Наилучшим образом лента сохраняется в кассете, которую обычно заряжают в видеомагнитофон с помощью специального устройства. На рис. 6-25 изображена упрощенная кинематическая схема ЛПМ кассетного видеомагнитофона. В центре ЛПМ расположен блок вращающихся головок *1*, охваченный поворотной платформой *15* зарядного устройства с направляющими роликами *16* и *17*. В нижней части ЛПМ находятся гнездо и лифт для перемещения съемной кассеты *2*, в корпусе которой расположены одна над другой две катушки, образующие приемно-подающий узел *9*. Лента *11* сматывается с нижней катушки, проходит вокруг обводных роликов *18* и *19* и наматывается на верхнюю катушку. При опускании кассеты лифтом ролик *16* зарядной платформы *15* входит в окно кассеты и захватывает свободный конец ленты (положение ленты перед заправкой показано штриховой линией), привод механизма зарядки *3* начинает вращать поворотную платформу *15*, извлекая ленту из кассеты и укладывая ее вокруг БВГ. Внешняя обратная петля ленты проходит по роликам *17* и *18* и поступает в приемную катушку. Подмотка катушки производится путем вращения ролика *7*, который входит в зацепление со щекой катушки. Кассета снабжена встроенными тормозами *13*, которые препятствуют спаданию ленты с роликов при съеме кассеты. Окно для ролика зарядного устройства в разряженной кассете закрыто крышкой, защищающей внутренность кассеты от пыли. Остальные элементы ЛПМ мало отличаются от рассмотренных.

Стирающая головка *10* установлена со стороны основы ленты. Вращение диска с головками осуществляется от двигателя *8* через ременную передачу *12*. Для

уменьшения трения ленты о барабан блока головок его верхнюю часть делают вращающейся. Частота вращения барабана 1500 об/мин. При вращении барабана между его поверхностью и лентой образуется воздушная подушка с зазором 20—40 мкм. Ведущий узел приводится во вращение двигателем *4* через ременную передачу *14*. В непосредственной близости от него расположен блок *5* с головкой записи-воспроизведения звукового сопровождения и управляющей головкой. Ленту можно перематывать в кассете, не снимая ее с направляющего барабана БВГ.

6-4. БЛОК ВРАЩАЮЩИХСЯ ГОЛОВОК

Разрез съемного блока вращающихся головок со встроенным тормозом показан на рис. 6-26. Размеры блока определяются шириной ленты и выбранной сигналограммой. Обычно диаметр блока равен 105 мм (при желании записать более высокую частоту диаметр блока увеличивают до 135—140 мм). Все элементы блока должны быть точно изготовлены и тщательно собраны. Радиальный бой и несоосность диска и направляющих не должны превышать 5 мкм. Барабаны изготавливают из дюралюминиевых сплавов В-95, А-30 или нержавеющей стали, точно обрабатывают после сборки под заданный размер и покрывают химическим способом никелем и тонким слоем хрома или эматалируют.

Вращение диска *14* с головками осуществляется через ременную передачу; диск тормозится магнитным тормозом *6*, *7*. Для облегчения точной обработки диаметра и поверхности конструкцию блока выполняют коаксиальной, а его ось *16* делают полой. Внутри оси диска проходит неподвижная опора верхней части барабана *1*. В опоре имеются канавки, по которым выводят провода от токосъемника *10* к установленной на диске головке *2*. Внутри барабана *4* можно разместить оконечные каскады усилителя записи и входные каскады предварительного усилителя воспроизведения. Нижнюю часть барабана закрепляют на плате неподвижно и устанавливают на ней тахогенераторы *3* подшипники *5*, *8*, *15* и магнитный тормоз. Ось заканчивается шкивом *9*. Ход ленты по барабану определяется подвижной направляющей *13*, перемещаемой упором *12*. Последний закреплен на эксцентриковой втулке *11*.

Рис. 6-26.

Верхнюю и нижнюю части барабана БВГ двухголовочного видеомагнитофона можно скрепить сегментной стойкой с регулировочными винтами, позволяющими точно устанавливать соосность барабанов. В этом случае ось диска должна быть сплошной; выводы токосъемника пропускают по сегментной стойке.

Сборочный чертеж одной из конструкций БВГ бытового видеомагнитофона с двумя головками приведен на рис. 6-27. Здесь: *1* — диск; *2* — крышка токосъем-

нинка; *3* — основание (сплав Д16); *4* — шкив; *5* — подшипник нижний; *6* — направляющая (сплав Д16Т); *7* — цилиндр верхний (сталь Х18Н10Т); *8* — ленточная направляющая; *9* — малая накладка; *10* — средняя накладка; *11* — большая накладка; *12* — винт крепления цилиндра; *13* — винт установки головки; *14* — токосъемники; *15* — винт крепления ленточной направляющей; *16* — винт крепления диска к фланцу; *17* — винт крепления верхней крышки; *18* — тахогенератор; *19* — нижний цилиндр (сталь Х18Н10Т); *20* — фланец (латунь ЛС59-1); *21* — вал; *22* — подпятник; *23* — упор; *24* — видеоголовки; *25* — корпус; *А* — посадочная плоскость нижнего цилиндра; *Б* — зазор в токосъемнике; *Г* — поверхность верхнего цилиндра; *Д* — верхняя поверхность сегментной направляющей; *Е* — плоскость вращения головок; *Ж* — верхняя кромка ленточной направляющей.

Неплоскостность поверхностей *Д* деталей *6* и *7* должна быть не более 10 мкм; размер *Б* обеспечивается винтами М2 × 4 и М2,5 × 5. Радиальное биение поверхности *В* относительно поверхности *Г* должно быть не более 5 мкм и обеспечивается перемещением детали *1* при отпущенных винтах *16*; винты *16* контрятся эмалью НЦ-25. Деталь *23* устанавливается на эпоксидный клей. Поверхность *Ж* следует выставить относительно поверхности *Е* по винтовой линии с углом подъема 3°41′7″ ± 5″. Размеры, отмеченные звездочкой, даны для справок.

На рис. 6-28 показан корпус в сборе, основные размеры деталей БВГ и указаны материалы, из которых их изготавливают. Там же указаны допуски, обеспечивающие сопряжение основных деталей. Для их изготовления необходимо весьма точное оборудование и технологическая оснастка.

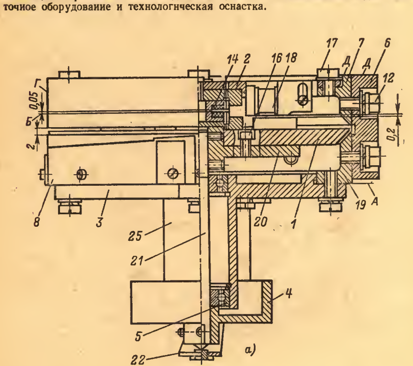
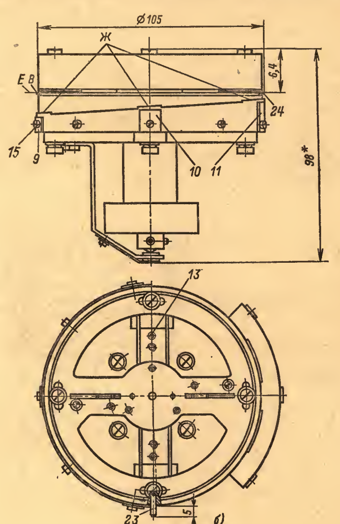


Рис. 6-27.

На рис. 6-28: *1* — цилиндр нижний; *2* — вкладыш подпятника; *3*, *9* — шайбы установочные; *4* — скоба подпятника; *5* — фланец; *6* — вал; *7* — шкив; *8* — нижний подпятник; *10*, *11* — шайбы установочные; *12* — винт крепления цилиндра; *13* — шайба запорная; *14* — клемма; *15* — винт стопорный; *16* — винт подпятника; *17* — винт крепления корпуса; *18* — шарикоподшипники.

Более совершенна конструкция блока головок со встроенным двигателем (рис. 6-29). Корпус двигателя *1* расположен внутри нижней неподвижной напра-



вляющей барабана 2. На вал *11*, снизу упирающийся в подпятник *13*, жестко посажен диск *4* с головками, ротором токосъемника *5* и датчиками тахогенератора. Двигатель имеет разнесенные радиально-упорные подшипники *10* и *12*. Отсутствие ременной передачи и непосредственное управление частотой вращения вала двигателя с помощью САР-СД позволяют получить малые временные искажения воспроизводимого сигнала. Верхняя направляющая барабана *3* скрепляется с диском и делается подвижной (при этом вал двигателя должен иметь паз для пропуска проводов от токосъемника *5*) либо скрепляется с нижней направляющей *2* с помощью стойки *6*. Осевое биение внешнего цилиндра относительно оси диска должно быть не более 5 мкм.

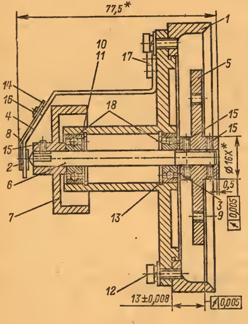


Рис. 6-28.

Между диском и верхней крышкой *7* размещают предварительный усилитель воспроизведения, а с целью уменьшения длины проводов, идущих к головкам, можно расположить и оконечный каскад усилителя записи.

Наилучшие результаты получаются при использовании специального двигателя постоянного тока с печатным ротором *8*, имеющим большое число коллекторных пластин; ток подводится к ним щетками *16*. Статор *9* двигателя выполнен в виде кольцевого постоянного магнита с несколькими полюсами. Щетки прижимает пружина *15*, сила прижима регулируется держателем *14*. Применяют также синхронные электродвигатели переменного тока, питаемые от мощных усилителей.

Сигналы к головкам БВГ подают через токосъемники с числом секций, равным числу головок. Контактный токосъемник представляет собой кольца, поверхность которых покрыта серебром или специальным малоокисляющимся сплавом. Применяют щетки из мягкого графита или из мягких пружинящих тонких проволочек.

Бесконтактный токосъемник изготавливают из двух ферритовых колец с пазами, в которые помещают обмотки. Со стороны пазов, по торцу, кольца пришлифовывают и закрепляют на валу и на неподвижной верхней направляющей так, чтобы магнитный поток от статора к ротору замыкался через воздушные зазоры, размер которых не должен быть более 50—80 мкм. При использовании бесконтактных токосъемников с целью уменьшения помех диск с головками следует заземлять через специальную щетку.

Простейший тахогенератор можно изготовить из обычной магнитной головки с широким рабочим зазором и небольшого постоянного магнита, которые укрепляют на диске БВГ. Во время вращения диска перед зазором магнитной головки периодически появляется магнит и индуцирует импульсы, поступающие в САР-СД. В качестве тахогенератора можно использовать малогабаритный дроссель, один из сердечников которого обрезают и закрепляют на диске.

Для определения частоты вращеиия диска используют изменение индуктивности дросселя при периодическом разрыве его ярма.

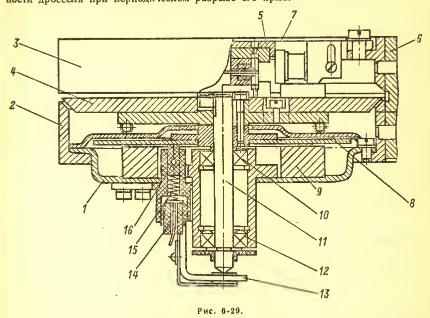


Рис. 6-29.

Тахогенератором может служить фотодиод нли фоторезнстор. Его освещают мяниатюрной лампочкой через прорезь в днске, лнбо отраженным светом от чериых и белых секторов, наносимых на диск.

6-5. МАГНИТНЫЕ ЛЕНТЫ И ГОЛОВКИ

В бытовых видеомагиитофоиах используют магнитиую ленту с рабочим слоем двуокнси хрома иа лавсановой осиове Т-4305-12Б толщнной 27 мкм. Несколько худшие результаты можио получнть при нспользовании лент с кобальтированным гамма-окислом железа. Прнменеяе лент с рабочнм слоем нз гамма-окнсла железа иежелательио, так как уровеиь воспроизводимого снгнала в этом случае в 2—4 раза меньше, чем при нспользовании ленты с двуокисью хрома. Поверхность магнитной ленты должна быть чнстой, ие иметь заметиых царапнн, короблений и растянутых мест. Запись желательио проводить при комнатной температуре н пониженой влажиости. После записи ленту следует снимать с ЛПМ во избежание ее прилипания к барабаиу.

Склейка лент для видеозаписи пронзводнтся так же, как н лент для звукозаписи (см. § 5-7).

Для видеомагннтофонов, работающих на ленте шириной 6,25 мм, следует использовать ленты на лавсаиовой осиове с рабочим слоем очень высокого качества.

Для записи снгиалов изображения в БВГ бытовых магиитофонов нспользуют головки (2 × 2 × 0,2 мм) с ферритовыми сердечннками, которые прикленвают к латуииой оправке. Параметры этих головок приведеиы в табл. 6-1. Головки ФВГ-1 применяют в катушечных, а ФВГ-2 — в кассетных вндеомагнитофоиах. Головки закрепляют иа диске БВГ и юстируют с помощью специального при-

спосoбления, позволяющего точно выставить угол между головками 180° ± 20″ или 181°26′ ± 20″ при записи с пропуском полукадра. Наконечники головок должны выступать над поверхностью диска на 50—100 мкм. В процессе эксплуатации выступ уменьшается на 30—40 мкм и отдача головок постепенно повышается. В конце срока службы рабочий зазор разрушается и головки приходят в негодность.

Таблица 6-1

Видеоголовки для бытовых видеомагнитофонов

Параметры головки	Тип головки	
	ФВГ-1	ФВГ-2
Ширина рабочего зазора, мкм	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,2
Длина рабочего зазора, мкм	130 ± 10	130 ± 5
Глубина рабочего зазора, мкм	40 ± 10	30 ± 10
Индуктивность, мкГ	0,7 ± 0,27	1,8 ± 0,27
Добротность, не менее	4	4
Ток записи, мА	100	80

Таблица 6-2

Неподвижные комбинированные головки для бытовых видеомагнитофонов

Параметры головки	Тип головки	
	12Д22-1	12Д33-1
Ширина рабочего зазора, мкм	4,0	4,0
Длина рабочего зазора, мм		
звуковой	0,7 ± 0,025	0,7 ± 0,025
управляющего сигнала	—	0,3 ± 0,025
Глубина рабочего зазора, мм	0,3 ± 0,05	0,3 ± 0,05
Индуктивность, мкГ	45 ± 10	40 ± 10
Рабочая полоса частот, Гц	100—10 000	60—15 000

При эксплуатации головки следует периодически очищать от магнитного порошка мягкой замшей, смоченной фреоном или спиртом. После очистки головки рекомендуется проверить путем воспроизведения заведомо хорошей записи.

В качестве стирающих и универсальных неподвижных головок можно использовать головки от обычных магнитофонов с размерами сердечников, соответствующими выбранным видеофонограммам, либо универсальные комбинированные головки (табл. 6-2). Головка 12Д22-1 с двумя магнитными системами предназначена для применения в катушечных, а головка 12Д33-1 с тремя магнитными системами — в кассетных магнитофонах. Магнитные цепи этих головок изготовлены из пермаллоя.

Стирающая головка имеет ферритовый сердечник и обладает следующими параметрами.

Длина рабочего зазора, мм	14—0,2
Ширина рабочего зазора, мм	0,3
Глубина рабочего зазора, мм	0,3 ± 0,05
Индуктивность, мГ (измеряется на $f = 1$ кГц)	0,35 ± 0,1
Ток стирания, мА	250
Частота стирания, кГц	65
Эффективность стирания, дБ	55

6-6. ПОРЯДОК НАСТРОЙКИ ВИДЕОМАГНИТОФОНА

1. Проверяют правильное функционирование узла ЛПМ и электронных блоков видеомагнитофона при различных режимах работы: *Рабочий ход*, *Перемотка* и *Стоп*.

2. Заправляют ленту в ЛПМ и проверяют ее ход по лентопротяжному тракту. Лента должна перемещаться плавно, без рывков. Не допускается замнание ленты на направляющих и обводных роликах. Натяжение ленты во время рабочего хода должно составлять 0,5—1 мН. При торможении и остановках катушек не должны образовываться петли и провисающие участки.

3. Проверяют стирание общей головкой и налаживают канал записи звукового сопровождения по методике, принятой для обычных магнитофонов (см. § 5-9).

4. Проверяют канал записи управляющего сигнала и функционирование систем авторегулирования.

5. Проверяют работу модулятора и демодулятора, устанавливают несущую частоту и значение девиации частоты при номинальном размахе входного видеосигнала.

6. Производят запись изображения, ленту перематывают и воспроизводят записанное. По качеству воспроизводимого изображения подбирают уровень тока записи и устанавливают наилучшую коррекцию по высоким частотам.

6-7. СОВМЕСТНАЯ РАБОТА ВИДЕОМАГНИТОФОНА С ТЕЛЕВИЗОРОМ

Видеомагнитофон подключают к телевизору через адаптер (устройство сопряжения), в функции которого входят ввод и вывод телевизионного сигнала и сигнала звукового сопровождения. Адаптер встраивают в телевизор и соединяют с видеомагнитофоном кабелями.

Способ соединения телевизора с видеомагнитофоном и низкочастотным адаптером стандартизован. На телевизоре устанавливают гнездовую часть разъема типа СНЦ-5-6, а адаптер снабжают кабелем с штыревой частью этого разъема. В табл. 6-3 указаны сигналы и напряжения питания, проходящие через контакты разъема при различных режимах работы.

На рис. 6-30 приведена схема адаптера УС-2, который может быть встроен в телевизор любого типа, а в табл. 6-4 указан порядок подключения цепей адаптера *а* — *ж* к схемам телевизоров различных типов.

При записи к выходу видеодетектора телевизора подключают эмиттерный повторитель, собранный на транзисторе T_1. С его выхода через резистор R_{10} и реле P_1 сигнал поступает через контакт *2* разъема $Ш_1$ на вход видеомагнитофона. Переменный резистор R_1 служит для установки номинальной амплитуды сигнала на входе. Сигнал звукового сопровождения через эмиттерный повторитель на транзисторе T_2 и контакт *4* разъема $Ш_1$ подается на вход канала звукового сопровождения видеомагнитофона.

При воспроизведении сигнал с выхода видеомагнитофона через контакт *2* разъема $Ш_1$ адаптера, через контакты реле P_1 и регулятор уровня R_{18} подается на вход усилителя, собранного на транзисторах T_3 и T_5. Резистор R_{18} предназначен для установки требуемой контрастности воспроизводимого сигнала. Сигнал звукового сопровождения с выхода видеомагнитофона через контакт *4* разъема и контакты реле P_1 подается на базу транзистора T_4, усиливается последним и далее поступает на вход УНЧ телевизора. При воспроизведении постоянная времени цепи АПЧ и Ф телевизора уменьшается по сравнению с номинальной, для чего размыкаются контакты *10* и *12* реле P_1 и включается цепь C_{10}, $Д_1$, $Д_2$, R_3. В адаптере применено реле типа РЭС-22.

Для получения высококачественной записи телевизор необходимо точно настраивать на принимаемую станцию. Уровень входного видеосигнала должен быть таким, чтобы пики белого не приводили к перемодуляции ленты или к появлению муара на изображении.

Назначение контактов разъема СНЦ5-6

Режим работы	Номера		
	1	2	3
Телевизор — как видеоконтрольное устройство. Видеомагнитофон в режиме *Воспроизведение*	Напряжение переключения +12 В/90 мА	Вход видеосигнала: входное сопротивление 75 Ом черно-белый или цветной сигнал размахом 0,7—1,4 В	Корпус, экран
Телевизор — источник программы. Видеомагнитофон в режиме *Запись*	Напряжение переключения 0 В	Выход видеосигнала: выходное сопротивление 75 Ом; черно-белый или цветной сигнал размахом 0,7—1,4 В	Корпус, экран

Подключение адаптера УС-2

Обозначение цепи в схеме рис 6-30	Тип			
	УПТ-47/59-II-1 [«Славутич», «Горизонт» (59), «Изумруд-201», «Изумруд»]	УПТ-47/50/59-II-2 УЛТ-50/59/61-II-3 [«Рубин-205», «Рубин-205Д», «Березка-205» (50), «Славутич-201»(50)]	УЛПТ-47/59-II-1/3 («Электрон-2-1», «Крым-201», «Чайка-2»)	УЛПТ-57/59-II-2/4 УППТ-59/61-II-5/6/7/8 («Крым-202», «Крым-204», «Крым-206», «Чайка-205»)
а	Соединение $R_{443}C_{427}$	Соединение $R_{443}C_{427}$	Соединение $R_{443}C_{427}$	Соединение $R_{443}C_{427}$
б	Вывод резистора R_{302}	Вывод резистора R_{202}	Вывод резистора R_{205}	Вывод резистора R_{205}
в	Контакт панели КП-1а	Контакт *4* перен. ВК-504	Контакт *6* панели КП-1а	Контакт перен. ВК-501
г	Контакт *24* блока *3*	Контакт *В* (+150 В)	Контакт *24* блока *3*	Контакт *В* (+150 В)
д	Контакт KT_8 блока *3*	Контакт KT_8 блока *3*	Контакт KT_8 блока *3*	Контакт KT_8 блока *3*
е	Контакт *4* блока *2*	Контакт *4* блока *2*	Контакт *3* блока *2*	Контакт *3* блока *2*
ж				

Таблица 6-3

низкочастотного адаптера

контактов		
4	5	6
Вход сигнала звукового сопровождения: входное сопротивление 10 кОм; входное напряжение 0,1—2 В	Напряжение питания +12 В/100 мА	Вход сигнала звукового сопровождения со второй дорожки: входное сопротивление 10 кОм; входное напряжение звукового сигнала 0,1—2 В
Выход сигнала звукового сопровождения: выходное сопротивление 10 кОм; выходное напряжение 0,1—2 В	Напряжение питания +12 В/100 мА	Дополнительный выход звукового и коммутирующего сигналов: выходное сопротивление 1 кОм; выходное напряжение 0,1—2 В; дополнительное коммутирующее постоянное напряжение +12 В, подаваемое через последовательное сопротивление 0,5 МОм при работе с цветным сигналом и 0 В при работе с черно-белым сигналом

Таблица 6-4

к телевизорам различных типов

телевизора			
УЛПТ-61-II-11/12 («Электрон-205», «Электрон-205Д»)	УЛПТ-61-II-21/22 («Крым-217», «Электрон-206»)	УЛПТ-61-21И/22И («Электрон-206Д»)	ЛПТ-65-1-1 («Горизонт-101») ЛПТ-67-1-4/5
Соединение $R_{443}C_{427}$	Соединение $R_{381}C_{22}$	Соединение 4-R_{38}—4-C_{22}	Соединение 3-R_{14} — 3-C_{12}
Вывод резистора R_{204}	Вывод резистора $2R_4$		Контакт *7* блока *1У2*
Контакт *24* блока *3*	Контакт *53* блока *43*	Контакт *53* блока *43*	Контакт *34* блока *1У4*
Контакт *В* (+150 В)	Контакт *Б* (+145 В)	Контакт *В* (+145 В)	Контакт *Д* (+150 В)
Контакт KT_8 блока *3*	Контакт 3КТ11 блока *У3*	Контакт 3КТ11 блока *У3*	Контакт *КТВ* блока *1У4*
Контакт *3* блока *2*	Контакт *20* блока *У2*	Контакт *20* блока *У2И*	Контакт *9* блока *1У2*
		Контакт 2-KT_2 блока *У2И*	

Существуют более сложные схемы адаптеров, у которых в канале изображения имеется АРУ, поддерживающая постоянным уровень сигнала на входе видеомагнитофона. Адаптер для цветного телевизора обычно имеет АРУ в канале цвет-

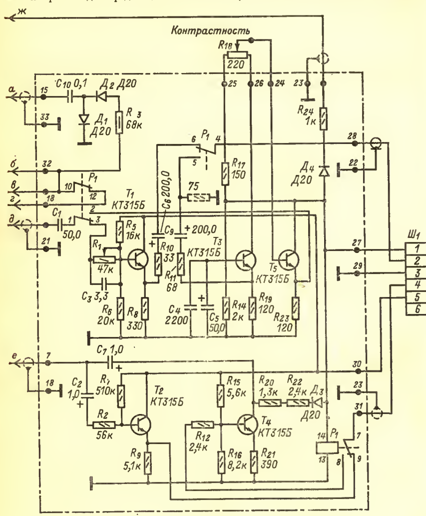
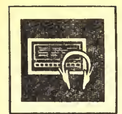


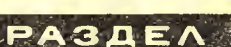
Рис. 6-30.

ности, обеспечивающую номинальный размах поднесущей цветности в записываемом цветном сигнале.

Применяют также высокочастотные адаптеры, подключаемые к антенным входам телевизоров. В этом случае переделка телевизора не нужна. Такой адаптер содержит высокочастотные модуляторы для звука и изображения, поэтому его схема значительно сложнее по конструкции и более трудна в настройке.



АППАРАТУРА ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ РАДИОСВЯЗИ



СОДЕРЖАНИЕ

7-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Диапазоны частот для любительской радиосвязи

Любительским радиостанциям разрешена работа в следующих диапазонах частот:

КВ

80-метровом	3,5—3,65 МГц
40-метровом	7,0—7,1 МГц
20-метровом	14,0—14,35 МГц
15-метровом	21,0—21,45 МГц
10-метровом	28,0—29,7 МГц

УКВ

2-метровом	144—146 МГц
70-сантиметровом	430—440 МГц
23-сантиметровом	1,215—1,30 ГГц
5-сантиметровом	5,65—5,67 ГГц
3-сантиметровом	10,0—10,5 ГГц
1,5-сантиметровом	21,0—22,0 ГГц

Постройка передатчика и работа на нем допустимы только после получения разрешения органов Министерства связи, которое выдается по ходатайству комитета ДОСААФ или спортивного клуба при радиотехнической школе.

Виды работ и категории любительских радиостанций

При любительских связях применяются телеграфия незатухающими колебаниями; телефония с АМ; телефония с АМ на одной боковой полосе частот; телефония с ЧМ.

Коротковолновым станциям третьей категории разрешается передача телеграфом в диапазонах 80, 40, 10 м и всех УКВ диапазонах. При работе в диапазонах 80, 40 и 10 м мощность передатчика не должна быть более 10 Вт, а в УКВ диапазонах — 5 Вт. Работа телефоном с АМ разрешается в диапазоне 28,2—29,7 МГц, а с АМ и ЧМ — на всех УКВ диапазонах.

Коротковолновым станциям второй категории разрешается работа телеграфом в диапазонах 80, 40, 20, 10 м и всех УКВ диапазонах. При работе в диапазонах 80, 40, 20 и 10 м мощность передатчика не должна превышать 40 Вт, а в диапазонах УКВ — 5 Вт. Работа телефоном с АМ или на одной боковой полосе разрешается в диапазонах 3,6—3,65; 28,2—29,7 МГц и с АМ и ЧМ в УКВ диапазонах.

Радиостанциям второй категории коллективного пользования дополнительно разрешается работа телефоном с АМ или на одной боковой полосе в диапазонах 7,04—7,10 и 14,11—14,35 МГц.

Коротковолновым радиостанциям первой категории разрешается работа телеграфом во всех любительских КВ диапазонах при мощности передатчика не более 200 Вт и в УКВ диапазонах при мощности до 5 Вт, а также телефоном с АМ или на одной боковой полосе в диапазонах: 3,60—3,65 кГц и 7,04—7,10; 14,11—14,35; 21,15—21,45; 28,2—29,7 МГц и с ЧМ или АМ на УКВ.

Для УКВ любительских станций распределение мощности и видов работы по категориям такое же, как и для КВ станций.

7-2. ПЕРЕДАТЧИКИ

Параметры передатчиков

Выходная мощность — мощность полезного сигнала, отдаваемая передатчиком в фидер, питающий антенну. Выходную мощность передатчика можно определить с достаточной точностью, нагружая его на лампу накаливания и подобрав ее мощность так, чтобы она горела с полным накалом.

Подводимая мощность — мощность постоянного тока, поступающая от источника питания к выходному каскаду передатчика (указывается в разрешении на любительскую радиостанцию). При работе телеграфом подводимая мощность равна произведению напряжения источника питания анодной цепи выходного каскада передатчика на анодный ток этого каскада при нажатии на ключ.

При работе телефоном с АМ или ЧМ мощность, подводимая к выходному каскаду, определяется в отсутствие модулирующего сигнала.

При работе на одной боковой полосе различают среднее значение подводимой мощности и мощность, подводимую при пиках огибающей сигнала. Последняя измеряется как произведение напряжения источника питания анодной цепи выходного каскада на анодный ток этого каскада в момент передачи максимально возможной амплитуды синусоидального (однотонового) сигнала.

В однополосном телефонном передатчике без искусственного сжатия динамического диапазона излучаемого сигнала средняя мощность, подводимая к выходному каскаду, может быть принята равной половине мощности, подводимой на пиках огибающей. При применении устройств сжатия динамического диапазона средняя мощность возрастает и может быть близка к мощности на пиках огибающей.

Коэффициент полезного действия (к. п. д.) передатчика — отношение выходной мощности к мощности, потребляемой от источников питания. Любительские передатчики обычно имеют к. п. д. 20—50%.

Абсолютная стабильность частоты характеризуется величиной ухода частоты передатчика за определенное время; для любительского передатчика за 15 мин работы она должна быть не более: при работе телеграфом — 1 кГц; при работе телефоном с АМ — 2 кГц; при работе на одной боковой полосе — 200 Гц.

Относительная стабильность частоты — отношение максимального ухода частоты к частоте, на которой работает передатчик. Работа радиолюбительских передатчиков с относительной стабильностью частоты хуже 0,02% за 15 мин работы запрещена.

Точность установки частоты — максимальная ошибка установки частоты передатчика по его шкале. Определяется конструкцией шкалы установки частоты передатчика и стабильностью его частоты. Для обеспечения выхода на связь на указанной корреспондентом частоте точность установки частоты должна быть не хуже 3 кГц.

Структурные схемы любительских передатчиков

Телеграфный передатчик на один диапазон (рис. 7-1, *а*). Задающий генератор (ЗГ) вырабатывает стабильные по частоте колебания ВЧ. Усилитель мощности (*УМ*) усиливает эти колебания и устраняет влияние изменения параметров антенны на частоту передатчика. Управление излучением (телеграфная манипуляция) осуществляется в усилителе мощности.

Передатчик для работы телеграфом на нескольких диапазонах (рис. 7-1, *б*). Задающий генератор работает в диапазоне частот наиболее низкочастотного из используемых любительских диапазонов или в диапазоне частот, в целое число раз меньших частот этого диапазона. Требуемые частоты на выходе передатчика получают с помощью умножителей (обычно удвоителей или утроителей) частоты. Например, передатчик, предназначенный для работы в 80, 40, 20, 15 и 10-метровом диапазонах, может иметь ЗГ, работающий в 80-метровом диапазоне. При работе в диапазоне 80 м умножение частоты не используется, при работе на 40 м применяется один удвоитель частоты, на 20 м — два удвоителя частоты, включенных последовательно, на 10 м — три удвоителя и на 15 м — включенные последовательно удвоитель и утроитель частоты.

Рис. 7-1.

Лампа или транзистор ЗГ нередко одновременно осуществляют удвоение или утроение частоты.

Телефонный передатчик с АМ (рис. 7-2). Для телефонирования с АМ передатчик должен иметь модулятор (М). Модуляция осуществляется в мощном усилителе (выходном каскаде) передатчика (УМ).

Телефонный передатчик, работающий на одной боковой полосе частот (рис. 7-3, *а*). На выходе устройства формирования однополосного сигнала (УФОС) получается однополосный сигнал с фиксированной частотой. Задающий генератор, обеспечивающий перестройку передатчика, работает в диапазоне частот, зависящем от диапазона, в котором должен работать передатчик, и от частоты, на которой формируется однополосный сигнал. Один из возможных вариантов выбора частот устройства формирования однополосного сигнала и ЗГ: одноно-

лосиый сигнал формируется иа частоте 5,25 МГц; ЗГ работает в 80-метровом диапазоне иа частотах 8,75—8,90 МГц, в 40-метровом — 12,25 — 12,35 МГц, иа 20 м — 8,75—9,1 МГц, в 15-метровом — 15,75—16,2 МГц и в 10-метровом — 22,75—24,45 МГц.

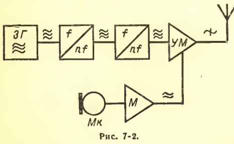
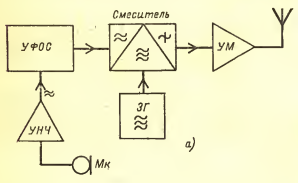


Рис. 7-2.

Передатчик по структуриой схеме иа рис. 7-3, *а* может быть выполиен при формировании одиополосного сигиала иа частотах ие меиее 2 МГц. При более иизких частотах формироваиия сигиала иеобходимо использовать два преобразования частоты. Структурная схема такого передатчика приведена иа рис. 7-3, *б*. Первый смеситель и перестраиваемый ЗГ обеспечивают перенос сформироваиного одиополосиого сигиала в диапазои частот, лежащий выше частоты 2 МГц. Перестраиваемый фильтр, включеииый на выходе первого смесителя, выделяет одиополосиый сигнал на частоте, равиой сумме или разности частот формироваиия и ЗГ. Перенос этой частоты в любительские диапазоны осуществляется вторым смесителем и генератором фиксированных частот. Одним из часто используемых радиолюбителями вариантов выполнеиия передатчика по схеме на рис. 7-3, *б* является следующий: одиополосиый сигнал формируется на частоте 0,5 МГц;



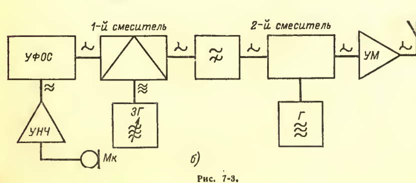


Рис. 7-3.

ЗГ работает в диапазоне частот 5,5—6 МГц; перестраиваемый фильтр выделяет суммарную частоту и работает в диапазоне 6—6,5 МГц. Генератор фиксированных частот в 80-метровом диапазоне работает на частоте 10 МГц, на 40 м — 13,5 МГц, на 20 м — 8 МГц, 15 м — 15 МГц; для перекрытия 10-метрового диапазона используются частоты 22,0; 22,5; 23,0; 23,5 МГц.

Задающие генераторы. Стабилизация частоты

Задающий генератор может работать на одной фиксированной частоте или перестраиваться в требуемом диапазоне частот. Основное требование, предъявляемое ко всякому ЗГ — стабильность частоты колебаний на его выходе.

Ламповый генератор с параметрической стабилизацией на фиксированную частоту (рис. 7-4). При указанных на схемах емкостях конденсаторов колебательного контура и катушке L_1 с приводимыми далее конструктивными данными на выходе генератора получаются колебания со стабильной частотой 0,5 МГц. По такой схеме можно выполнить генератор фиксированной (опорной) частоты передатчика, работающего на одной боковой полосе частот.

Катушка L_1 намотана на пластмассовом каркасе ⌀ 10 мм способом «универсаль» проводом ЛЭШО 7 × 0,07, ширина намотки 8, высота 3 мм, число витков 180.

Катушка L_2 намотана внавал на каркасе ⌀ 9 мм с сердечником типа СЦР-1; длина намотки 15 мм; 150 витков ЛЭШО 21 × 0,05; длина намотки 15 мм. Катушка связи L_3 намотана на том же каркасе вплотную к заземленному концу катушки L_2 и содержит 15—20 витков ПЭВ-1 0,3.

Рис. 7-4

Изменением емкости конденсатора C_2 можно регулировать частоту в некоторых пределах, что позволяет точно сопрячь частоту генератора с характеристикой фильтра. Серьезным недостатком ЗГ на лампе является наличие начального выбега частоты на величину около 0,01% и зависимость частоты от напряжения накала. Поэтому выполнять на лампах ЗГ, работающие на частотах выше 1 МГц, нецелесообразно.

Генератор с параметрической стабилизацией на полевом транзисторе для телефонного однополосного передатчика может быть построен по структурной схеме на рис. 7-3, *б* с выходными частотами, указанными в предыдущем параграфе. При работе передатчика в 20 и 80-метровом диапазонах выходной контур настраивается на основную частоту генератора (включается катушка L_4 с конденсатором C_{16}, см. рис. 7-5), а на 10, 15 и 40-метровых диапазонах — на вторую гармонику.

Каждый из конденсаторов, подключаемых к катушке L_1 переключателем $П_1$, состоит из двух конденсаторов постоянной емкости и подстроечника с воздушным диэлектриком, с помощью которого производится установка частоты начала диапазона. Каждая емкость C_1, C_3, C_5, C_7 образована двумя конденсаторами: одним с нулевым, а другим с отрицательным ТКЕ. Соотношение емкостей этих конденсаторов зависит от типа катушки L_1 и ТКЕ конденсатора переменной емкости.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе ⌀ 20 мм посеребренным неизолированным проводом ⌀ 0,8 мм, длина намотки 11 мм, число витков 7, отвод от 2-го витка, считая от заземленного конца. (Конденсатор C_{12} ошибочно показан справа от L_1; он должен быть слева от L_1.)

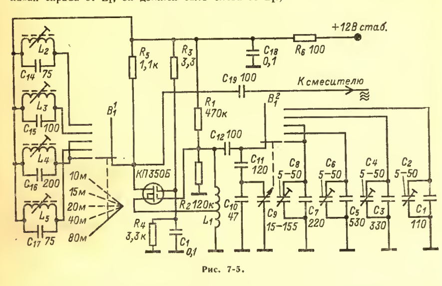


Рис. 7-5.

Катушки L_2, L_3, L_4 и L_5 намотаны проводом ПЭШО 0,44 на пластмассовых каркасах ⌀ 8,8 мм с сердечниками-подстроечниками СЦР-1; намотка однослойная виток к витку (катушка L_2 — 6 витков, L_3 — 10 витков, L_4 — 14 витков, L_5 — 12 витков).

При тщательном выполнении термокомпенсации уход частоты этого генератора на 10-метровом диапазоне не превышает 50 Гц за 1 ч работы, причем начальный выбег частоты практически отсутствует.

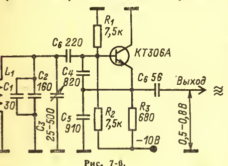


Рис. 7-6.

Задающий генератор на транзисторе КТ306А-В (рис. 7-6). С данными деталей, обозначенными на схеме, генератор работает в диапазоне частот 2—3 МГц. При других параметрах контура и элементов связи могут быть получены частоты до 20 МГц. Выбега частоты практически нет.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе ⌀ 10 мм проводом ПЭВ-2 0,35, длина намотки 11 мм, число витков 28. Конденсатор C_1 — типа КТ-2-М700, C_2 — КТ-2-П100.

Конструирование задающих генераторов с параметрической стабилизацией. Особое внимание следует обращать на механическую жесткость конструкции. Монтаж желательно выполнять на фрезерованном или свинченном из толстых (4—5 мм) дюралевых пластин шасси. Детали колебательных контуров следует крепить жестко и располагать так, чтобы они не подвергались непосредственному нагреву лампами и другими деталями. Монтажные проводники, вхо-

дящие в контур, должны быть возможно более короткими и прямыми. Все заземляемые элементы контура должны быть присоединены к одной точке шасси.

Контур ЗГ должен быть защищен экраном (сплошным или в виде перегородки) от воздействия ВЧ полей последующих каскадов. В катушках нельзя использовать сердечники из альсифера, феррита и других ферромагнитных материалов, так как под воздействием случайных НЧ полей (от трансформатора питания, дросселя и т. д.) они меняют свои параметры, что может вызвать паразитную ЧМ.

Детали контура. Катушки ЗГ, работающих на частотах 0,5—1 МГц, наматывают проводом ЛЭШО в один слой или способом «универсаль» на пластмассовые или керамические каркасы ⌀ 9—12 мм и после намотки пропитывают полистиролом, растворенным в бензоле, или клеем БФ-2 и высушивают при температуре 80—100° С.

Для генераторов колебаний частоты 3—15 МГц лучшими являются керамические катушки с обмоткой, выполненной методом вжигания серебра. Удовлетворительные результаты получаются при использовании керамических и пластмассовых каркасов с канавками. Обмотка укладывается в канавку так, чтобы витки не касались друг друга. Используется голый посеребренный медный провод или провод ПЭВ-2 ⌀ 0,6—1,0 мм. При намотке следует туго натягивать провод, так чтобы он плотно прилегал к каркасу. По окончании намотки обмотку следует проклеить полистироловым лаком или клеем БФ-2 и тщательно просушить при 80—100 °С.

В контуре ЗГ необходимо применять конденсаторы с малым ТКЕ: переменные и подстроечные с воздушным диэлектриком, керамические конденсаторы постоянной емкости, окрашенные в голубой или серый цвет.

Питание задающего генератора. Питающие напряжения ЗГ с параметрической стабилизацией должны быть стабилизированы: нужно использовать минимально возможные анодные и экранные напряжения, обеспечивающие надежность генерации и необходимые выходные напряжения.

Для стабилизации напряжений на аноде и на экранирующей сетке могут быть использованы газоразрядные или кремниевые стабилитроны с $U_{ст} = 70 \div 105$ В. При использовании транзисторов стабилизированное напряжение может быть получено при применении кремниевых стабилитронов.

Задающие генераторы с кварцевой стабилизацией вырабатывают ВЧ колебания, соответствующие основной частоте примененного кварцевого резонатора или его гармоник со стабильностью, вполне достаточной для обеспечения любительских связей.

Генераторы с кварцевой стабилизацией имеют важные преимущества: в то время как при параметрической стабилизации конструкция генератора, выбор деталей и стабильность питающих напряжений имеют первостепенное значение, при стабилизации кварцем эти факторы практически не влияют на частоту колебаний, вырабатываемых генератором.

Генераторы опорной (несущей) частоты для телефонных передатчиков с фильтровым методом формирования однополосного сигнала по схемам на рис. 7-7 рассчитаны для работы на балансные модуляторы с диодами. Здесь применены кварцевые резонаторы на 0,5 МГц.

В генераторе по схеме рис. 7-7, *а* катушка L_1 состоит из 150 витков ЛЭШО 21 × 0,05, намотанных «внавал» на длине 15 мм каркаса ⌀ 9 мм с сердечником СЦР-1. Катушка связи L_2 намотана проводом ПЭВ-1 0,3 вплотную к заземленному по высокой частоте концу катушки L_1 и содержит 15—20 витков.

В генераторе по схеме рис. 7-7, *б* катушки находятся в сердечнике СБ-12а и содержат: L_1 — 120 витков ПЭВ-2 0,1; L_2 — 7 витков ПЭЛШО 0,1; L_3 — 30 витков ПЭЛШО 0,1. Генератор, собранный по схеме рис. 7-7, *б*, устойчиво работает при использовании кварцевых резонаторов на основной частоте или на механических гармониках, т. е. на частотах, в 3 или 5 раз больших основной частоты резонатора.

На рис. 7-8 приведены схемы кварцевых генераторов, которые могут быть использованы в качестве генератора фиксированных частот для передатчика, выполненного по структурной схеме на рис. 7-3, *б*.

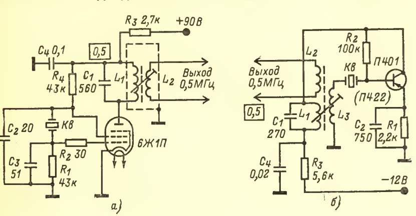


Рис. 7-7.

Ламповый генератор по схеме на рис. 7-8, *а* надежно работает с кварцевыми резонаторами на частоты 3,5—25 МГц. Анодный контур L_1C_1 настраивают на основную частоту кварца, или на его гармонику.

Транзисторный генератор по схеме на рис. 7-8, *б* предназначен для работы с кварцевыми резонаторами на частоты 2—15 МГц и обеспечивает получение

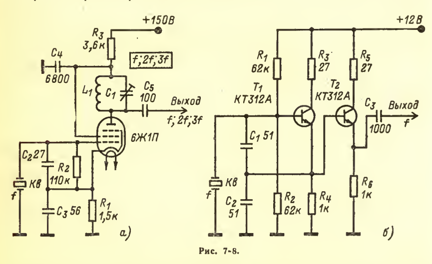


Рис. 7-8.

на выходе напряжения с частотой кварца. Этот генератор предназначен для работы на низкоомную нагрузку (например, диодный модулятор или смеситель).

Умножители частоты

Для умножения частоты применяют транзисторный или ламповый каскад (рис. 7-9), работающий на нелинейном участке характеристики; нагрузкой каскада служит контур L_1C_1, настроенный на нужную гармонику.

Обычно используют удвоители и утроители частоты. Умножение частоты в большее число раз нецелесообразно вследствие малого к. п. д. каскада. На вход транзисторного умножителя частоты должно быть подано напряжение ВЧ

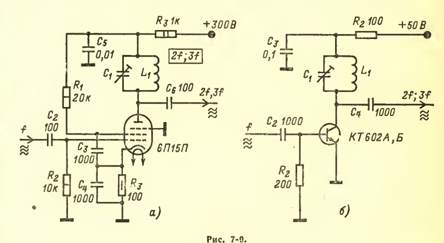


Рис. 7-9.

не менее 1—1,5 В. При эквивалентном сопротивлении контура L_1C_1 1 кОм выходное напряжение будет не менее 30 В. На вход лампового удвоителя частоты должно быть подано напряжение ВЧ не менее 15—20 В. При эквивалентном сопротивлении контура, настроенного на вторую гармонику, равном 5—8 кОм, на выходе каскада будет напряжение 100—120 В. При работе каскада в режиме утроения на его вход должно быть подано напряжение ВЧ не менее 25—30 В; при эквивалентном сопротивлении анодного контура, настроенного на третью гармонику частоты входного сигнала, 10—15 кОм получим выходное напряжение 70—100 В.

Преобразователи частоты

Преобразователи частоты используют для получения рабочих частот в передатчиках, работающих на одной боковой полосе. Такой преобразователь должен обеспечивать линейную зависимость амплитуды выходного сигнала от амплитуды входного однополосного сигнала.

Преобразователь частоты состоит из смесителя, генератора вспомогательной частоты и фильтра. Генераторы используют с кварцевой или параметрической стабилизацией частоты.

Смеситель на пентоде (рис. 7-10, *а*) обладает высокой линейностью амплитудной характеристики и большим входным сопротивлением. Подавление сигнала с частотой вспомогательного генератора и входного сигнала в преобразователе частоты обеспечивается фильтром, включенным на выходе смесителя.

Контур L_1C_1 в анодной цепи смесителя настраивается на выделяемую (разностную или суммарную) частоту; его эквивалентное сопротивление должно быть 5—10 кОм. При соотношении частот однополосного сигнала на входе смесителя

и вспомогательного генератора 1 : 10 (например: частоты однополосного сигнала 0,5 МГц, частота вспомогательного генератора 4,75 МГц). Общее число контуров, настроенных на выделяемую частоту, должно быть не менее двух.

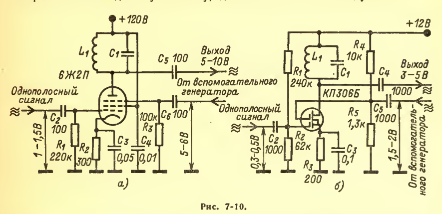


Рис. 7-10.

Не уступает по своим характеристикам смесителю на пентоде смеситель на полевом транзисторе с двумя затворами (рис. 7-10, *б*); благодаря большой крутизне характеристики полевого транзистора эквивалентное сопротивление контура L_1C_1 может быть снижено до 1—2 кОм.

Телеграфная манипуляция

Для передачи телеграфных сигналов необходимо осуществлять манипуляцию, т. е. управлять излучением передатчика с помощью телеграфного ключа.

Ширина полосы частот, необходимая при максимальных скоростях передачи текста азбукой Морзе, используемых радиолюбителями (150—200 знаков в ми-

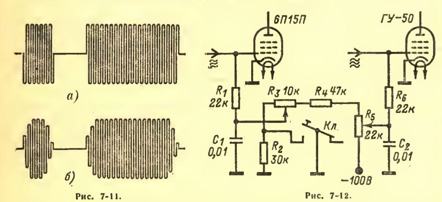


Рис. 7-11. Рис. 7-12.

нуту), измеряется десятками герц. Однако если излучаемые колебания при манипуляции резко нарастают и спадают (рис. 7-11, *а*), то занимаемая телеграфным передатчиком полоса частот может быть во много раз шире. Это нежелательно, так как в широкой полосе вблизи рабочей частоты передатчика принимаются

«щелчки», т. е. передатчик даже небольшой мощности может создавать помехи радиоприему в широкой полосе частот. Только при плавном нарастании и спаде телеграфной посылки (рис. 7-11, *б*) передатчик занимает достаточно узкую полосу частот.

Обязательным условием получения узкой полосы и хорошего тона при приеме является полное отсутствие ЧМ колебаний. Для этого манипуляцию целесообразно осуществлять в выходном или промежуточном каскаде передатчика. В передатчике по схеме на рис. 7-12 манипуляция осуществляется в выходном и предоконечном каскадах. При нажатом ключе на управляющих сетках ламп этих каскадов устанавливаются рабочие значения напряжений смещения. При отжатом ключе обе лампы заперты и передатчик не излучает. Нарастание и спад напряжений смещения на управляющих сетках ламп происходят плавно благодаря наличию в цепях смещения конденсаторов C_1 и C_2.

На рис. 7-13 приведена схема манипуляции, которую можно использовать для телеграфной работы однополосного передатчика. Звуковой генератор на транзисторе при нажатом ключе генерирует синусоидальное напряжение частоты 1 кГц, которое через интегрирующую цепь R_8C_6, подавляющую гармоники, подается на микрофонный усилитель передатчика. При нажатии на ключ излучается посылка, сдвинутая на 1 кГц от несущей частоты передатчика. Плавное нарастание и спад телеграфной посылки обеспечиваются цепью C_1R_2. При нажатии на ключ колебания плавно нарастают вследствие постепенного разряда конденсатора C_1 через резистор R_2, а при отжатии ключа колебания плавно спадают за счет постепенного заряда конденсатора C_1 через транзистор.

Рис. 7-13.

Следует учитывать, что схему на рис. 7-13 можно использовать только при применении в тракте формирования однополосного сигнала фильтра с полосой 0,3—1 кГц. При этом частота опорного генератора должна отстоять от ската АЧХ фильтра на 0,5—1 кГц, так что подавление несущей частоты и гармоник ЗГ составит не менее 60 дБ. Использование рассмотренного устройства с широкополосным (3 кГц) фильтром приведет к излучению на побочных частотах.

При желании прослушивать рабочую частоту в паузах между телеграфными посылками целесообразно строить передатчик по структурной схеме на рис. 7-3, *а* или *б*, осуществляя манипуляцию в одном из смесителей.

Амплитудная модуляция

Амплитудная модуляция осуществляется очень просто и поэтому часто используется в передатчиках начинающими радиолюбителями.

Как правило, АМ осуществляется в выходном каскаде передатчика. Цепь модуляции на управляющую сетку лампы этого каскада (рис. 7-14, *а*) работает от динамического микрофона с напряжением 10 мВ (например, МД-64). Для осуществления модуляции на защитную сетку лампы (рис. 7-14, *б*) необходим УНЧ, дающий на выходе сигнал с амплитудой до 200—240 В.

При сеточной модуляции (рис. 7-14) выходная мощность составляет около 25—30% телеграфной.

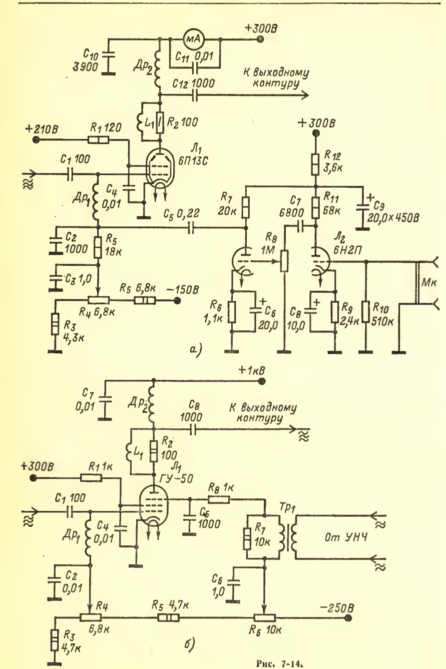

+300В
мА
C_{10} 3900
C_{11} 0,01
$Др_2$
C_{12} 1000
К выходному контуру
L_1
R_2 100
+210В
R_1 120
$Л_1$ 6П13С
C_1 100
$Др_1$
C_4 0,01
C_2 1000
R_5 18к
C_3 1,0
R_5 6,8к
−150В
R_4 6,8к
R_3 4,3к
+300В
R_{12} 3,6к
C_5 0,22
R_7 20к
C_7 6800
R_{11} 68к
C_9 20,0×450В
R_8 1М
$Л_2$ 6Н2П
Мк
R_6 1,1к
C_6 20,0
C_8 10,0
R_9 2,4к
R_{10} 510к
а)
+1кВ
C_7 0,01
$Др_2$
C_8 1000
К выходному контуру
L_1
R_2 100
+300В
R_1 1к
$Л_1$ ГУ-50
C_1 100
R_8 1к
C_5 1000
$Тр_1$
$Др_1$
C_4 0,01
R_7 10к
От УНЧ
C_2 0,01
C_6 1,0
R_4 6,8к
R_5 4,7к
−250В
R_3 4,7к
R_6 10к
б)

Рис. 7-14.

На рис. 7-15 приведена схема транзисторного выходного каскада передатчика, в котором модуляция осуществляется по коллекторной цепи. При этом выходная мощность в телефонном режиме составляет от 50 до 100% мощности в телеграфном режиме. Для питания такого каскада для получения 100-процентной модуляции необходимо подать напряжение 20 В, сложенное с напряжением НЧ амплитудой 20 В. Ток потребления от этого источника напряжения до 0,5 А.

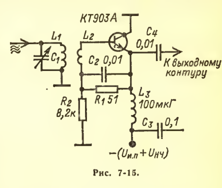


Рис. 7-15.

Частотная модуляция

Устройство по схеме на рис. 7-16 позволяет получить ЧМ сигнал в диапазоне 144—146 МГц. Частотная модуляция осуществляется за счет изменения емкости кремниевого стабилитрона Д810, включенного параллельно части контура $L_1C_1C_2$, настроенного на частоту 6 МГц. После умножения частоты на диапазоне 144 МГц девиация частоты составит около 12 кГц.

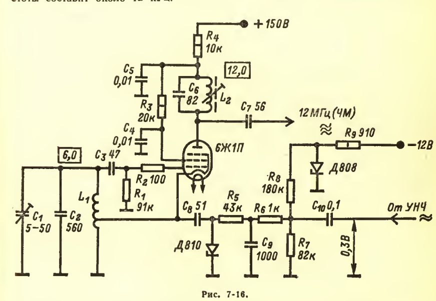


Рис. 7-16.

Катушка L_1 намотана на керамическом каркасе ⌀ 20 мм посеребренным проводом ⌀ 0,8 мм; длина намотки 11 мм, число витков 7, отвод от 2-го витка.

Катушка L_2 намотана виток к витку на пластмассовом каркасе ⌀ 9 мм; 12 витков ПЭШО 0,44. Анодный контур генератора L_2C_6 настраивается на вторую гармонику (12 МГц) сердечником СЦР-1 контурной катушки.

Формирование однополосного сигнала

При формировании однополосного сигнала из спектра АМ сигнала, состоящего из нижней боковой полосы несущей частоты и верхней боковой полосы (рис. 7-17, *а*), выделяют одну верхнюю (рис. 7-17, *б*) либо нижнюю боковую полосу.

Несущая частота подавляется в балансном модуляторе, а верхняя боковая полоса частот выделяется с помощью фильтра, обеспечивающего неискаженную передачу всего спектра используемой боковой полосы и достаточное подавление нижней боковой полосы. Однополосный сигнал формируется на частоте, определяемой параметрами фильтра.

В схеме на рис. 7-18, *а* балансный модулятор на двойном триоде 6Н3П работает при сравнительно высоких уровнях сигнала НЧ (2—2,5 В) и напряжения от генератора ВЧ (20—25 В). На выходе балансного модулятора включен электромеханический фильтр ЭМФ-500-9Д-3В (средняя частота 0,5 МГц, полоса пропускания 3 кГц, выделяет верхнюю боковую полосу). Получаемый на выходе устройства однополосный сигнал с амплитудой 1 В достаточен для подачи на вход преобразователя частоты без применения дополнительного усилителя.

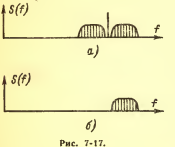


Рис. 7-17.

Трансформатор Tp_1: магнитопровод Ш12 × 20 без зазора; обмотка *I* — 1500 витков ПЭВ-1 0,1; обмотка *II* — 750 + 750 витков ПЭВ-1 0,1.

Устройство формирования однополосного сигнала по фильтровому методу, показанное на рис. 7-18, *б*, рассчитано на работу с малыми уровнями сигналов (например, для работы с транзисторными УНЧ и генератором несущей частоты). Для использования этого устройства в передатчике с ламповым преобразователем частоты между его выходом и входом преобразователя частоты необходимо включить УПЧ на 0,5 МГц с коэффициентом усиления 10—15. L_1 является катушкой связи с генератором напряжения несущей частоты (например, L_2 в генераторе по схеме на рис. 7-7, *б*).

Чтобы получить сигнал нижней боковой полосы, несущая частота должна быть равной 503 кГц, при сохранении этой частоты равной 500 кГц должен быть применен электромеханический фильтр ЭМФ-500-9Д-3Н, выделяющий нижнюю боковую полосу.

Используя фильтровый метод формирования однополосного сигнала, можно обеспечить подавление несущей частоты на 50—60 дБ и второй боковой полосы на 40—50 дБ.

Усилители мощности

Приступая к конструированию усилителя мощности по схеме на рис. 7-19, прежде всего нужно выбрать для него по табл. 7-1 тип лампы, исходя из требуемой выходной мощности $P_{вых}$ или подводимой к каскаду мощности.

Конденсатор связи с предыдущим каскадом C_1 подбирается в процессе настройки для получения требуемой амплитуды напряжения возбуждения; его емкость может быть 10—1000 пФ.

Сопротивление резистора R_1 не более 1 кОм; его можно заменить ВЧ дросселем. Источником сеточного смещения при работе с сеточными токами должен служить выпрямитель, нагруженный на сопротивление не более 1 кОм. При напряжении смещения более 100 В выпрямитель смещения будет потреблять значительную мощность, поэтому сопротивление нагрузки источника смещения целесообразно заменить газоразрядным стабилизатором, максимально допустимый ток через который $I_{ст.макс}$ должен быть больше сеточного тока лампы уси-

лителя мощности. При отсутствии сеточного тока через газоразрядный стабилитрон от источника смещения должен протекать ток, равный минимальному току стабилизации $I_{ст.мин}$. Данные дросселя *Др* для работы в любительских диапазонах 10, 15, 20, 40 и 80 м при напряжении питания анода не более 1 кВ и анодном токе до 300 мА: каркас из текстолита или керамики ⌀ 8 мм, намотка в один слой, 200 витков ПЭВ-1 0,24, длина намотки 55 мм.

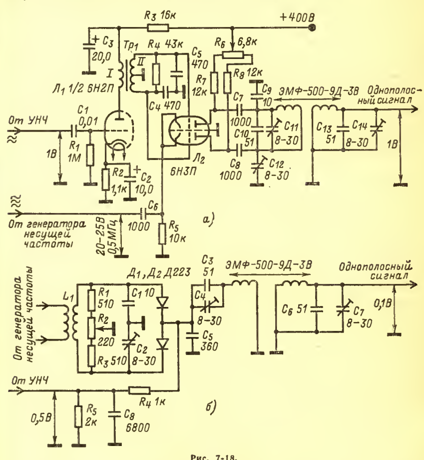


Рис. 7-18.

При более высоком напряжении питания анода можно использовать дроссель на 6-секционном текстолитовом или керамическом каркасе. Первая секция ⌀ 12 мм имеет длину 75 мм; вторая, четвертая и шестая секции ⌀ 28 мм длиной 12 мм; третья и пятая секции ⌀ 12 мм и длиной 10 мм; намотка проводом ПЭВ-1 0,31. В первой секции 160 витков, во второй 5, в третьей 20, в четвертой 15, в пятой 20 и в шестой 20 витков. С анодом лампы соединяется вывод, расположенный на первой секции.

Эквивалентное сопротивление выходного контура, нагруженного антенной, R_{oe} должно быть равно эквивалентному сопротивлению нагрузки лампы (см.

Таблица 7-1

Режимы работы ламп в усилителях мощности (рис. 7-1)

Тип лампы	U_a, В	U_{c2}, В	U_{c1}, В	$U_{вх m}$, В	I_a, мА	I_{c2}, мА	I_{c1}, мА	P_{c1}, Вт	$P_{вых}$, Вт	R_{oe}, кОм
6Ж11П	150	150	—4	4	25	6	0	0	2	2,5
6П15П	300	200	—12	12	30	6,5	0	0	5	4
6П13С	400	150	—18	18	90	9	0	0	22	2,3
ГУ-29*	500	200	—45	60	240	32	12	0,7	83	1,1
ГУ-50	1000	300	—80	100	120	15	5	0,5	90	4,75
Г-807	750	250	—45	60	100	6	3,5	0,2	50	4,2
ГУ-13	2000	350	—175	250	200	40	16	4	300	5
ГК-71	1500	300	—180	275	250	40	18	5	240	2,7

* Параллельное включение тетродов.

Таблица 7-2

Емкости выходного контура передатчика (рис. 7-19)

Сопротивление нагрузки каскада, Ом	Диапазон, м	Конденсаторы	Эквивалентное сопротивление контура R_{oe}, кОм: 1	1,5	2	3	4	5	6
			Емкости контура, пФ						
50	10	C_6	50	38	28	18	14	11	8
		C_7	220	210	180	140	125	110	95
	15	C_6	65	57	38	24	19	15	10
		C_7	300	280	230	180	170	150	120
	20	C_6	100	75	56	35	28	22	15
		C_7	440	420	350	270	250	220	180
	40	C_6	200	150	110	70	55	45	30
		C_7	900	840	700	550	500	450	350
	80	C_6	400	300	220	140	110	90	60
		C_7	1800	1700	1400	1100	1000	900	700
75	10	C_6	45	31	23	17	13	10	7
		C_7	160	140	120	105	95	82	70
	15	C_6	60	42	31	22	17	14	9
		C_7	210	190	160	140	125	115	90
	20	C_6	90	62	45	33	26	20	14
		C_7	320	280	240	210	190	165	140
	40	C_6	180	125	90	65	52	40	28
		C_7	650	550	500	420	380	330	280
	80	C_6	360	250	180	130	105	80	55
		C_7	1300	1100	1000	850	760	600	550

табл. 7-1). Величина R_{oe} определяет емкости выходного контура. При добротности нагруженного выходного контура равной 10, что обеспечивает его к. п. д. 90—95%, емкости контура должны соответствовать приведенным в табл. 7-2.

При настройке усилителя мощности, работающего на реальную антенну, входное сопротивление которой не равно волновому сопротивлению питающего антенну кабеля (50 или 75 Ом), оптимальная связь с антенной может быть получена при несколько отличном от указанного в табл. 7-2 значения C_7. Поэтому максимальная емкость переменного конденсатора на выходе контура должна быть в 1,5—2 раза больше указанной в таблице. К емкости переменного конденсатора C_6 добавляется выходная емкость лампы. Поэтому на 10 и 14-метровом диапазонах иногда не удается реализовать полученное расчетом значение C_6, что приводит к увеличению нагруженной добротности контура и, следовательно, снижению его к. п. д.

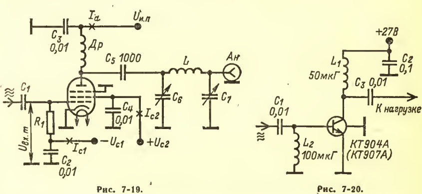


Рис. 7-19. Рис. 7-20.

Индуктивность L должна обеспечивать настройку выходного контура на рабочую частоту при емкости

$$C=\frac{C_6C_7}{C_6+C_7}.$$

На рис. 7-20 приведена схема широкополосного транзисторного усилителя мощности, предназначенного для работы на частотах от 3,5 до 30 МГц. Усилитель потребляет от источника питания ток 0,3—0,4 А и отдает в нагрузку 50 Ом мощность 4—5 Вт.

Следует учитывать, что работа усилителя на нагрузку, отличающуюся от указанной более чем на ± 20%, недопустима: транзистор выйдет из строя (при уменьшении сопротивления — из-за перегрева транзистора, при увеличении — из-за пробоя коллекторного перехода).

Таким образом, усилитель по схеме рис. 7-20 может быть использован при работе передатчика на коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом или для возбуждения следующего каскада усиления мощности, причем его входное сопротивление должно быть близким к 50 Ом.

Паразитная генерация. Основной трудностью, которая встречается при налаживании усилителя мощности, является устранение паразитной генерации. В каскаде усилителя мощности может возникнуть три рода паразитных колебаний: 1) на частотах, очень низких по сравнению с рабочей частотой; 2) на рабочей частоте и 3) на частотах значительно более высоких, чем рабочая.

Паразитные колебания первого вида могут возникнуть при совпадении резонансных частот контуров, индуктивностями которых являются дроссели

в цепях сетки и анода лампы. Эти колебания легко устранить заменой одного из дросселей.

Нейтрализация проходной емкости лампы. Колебания на рабочей частоте возникают из-за наличия паразитных связей между контурами в сеточной и анодной цепях лампы каскада. При хорошем экранировании этих контуров и отсутствия общих участков протекания контурных токов по шасси причиной генерации является проходная емкость лампы $C_{а.с}$. Тогда в усилитель необходимо вводить цепи нейтрализации этой емкости. Удобная схема нейтрализации приведена на рис. 7-21; здесь L_2C_3 — анодный контур предыдущего каскада. Условие нейтрализации

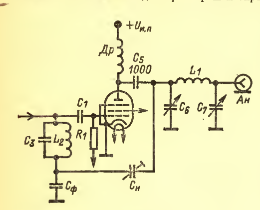


Рис. 7-21.

$$C_н/C_ф = C_{а.с}/C_{с.к},$$

где $C_{с.к}$ — входная емкость лампы усилителя мощности.

Обычно емкость конденсатора $C_ф = 100 \div 1000$ пФ; она должна быть такой, чтобы требуемое значение $C_н$ было в пределах 2—10 пФ (меньшие значения $C_н$ трудно реализовать, а бо́льшие заметно увеличивают начальную емкость анодного контура).

Подавление самовозбуждения на частотах УКВ диапазона. Причиной возникновения самовозбуждения каскада на УКВ являются контуры, образуемые индуктивностями соединительных проводов и паразитными емкостями лампы.

Для предотвращения самовозбуждения на УКВ в каскад вводят резисторы R, шунтированные катушками L (рис. 7-22). Резисторы вносят в контуры, образованные соединительными проводниками и паразитными емкостями лампы, настолько большие затухания, что самовозбуждение каскада становится невозможным.

Рис. 7-22.

Катушки L «отключают» резисторы на рабочих частотах усилителя. Эти катушки выполняют в виде двух — четырех витков провода ∅ 0,8 — 1,2 мм, намотанных на резисторах МЛТ-2. В большинстве случаев достаточно включить антипаразитный резистор только в анодную или только в сеточную цепь. В каскаде малой мощности достаточно включить антипаразитный резистор включением 10—30 Ом только в цепь сетки, не шунтируя его катушкой.

Линейные усилители мощности

При усилении однополосного сигнала необходимо сохранить линейную зависимость между входным и выходным сигналом, т. е. иметь усилитель мощности с линейной амплитудной характеристикой. Получение такой характеристики зависит от типа лампы, правильного выбора ее режима, стабильности питающих напряжений, выбора схемы. Режимы работы отечественных ламп, наиболее пригодных для использования в линейных усилителях, приведены в табл. 7-3 и 7-4.

Практически схема выходиого каскада средией мощиости с примеиеиием автоматического смещеиия приведеиа иа рис. 7-23. Напряжеиия, подаваемые иа экраиирующие сетки ламп, должиы быть стабилизироваиы или подаваться от выпрямителей с малым виутреииим сопротивлеиием.

Стабилизация смещеиия иа управляющих сетках осуществляется стабилитроном в цепи катодов.

Выходной лииейный усилительный каскад по схеме с заземленной сеткой. Типовая схема такого каскада даиа на рис. 7-24. При использоваиии лампы ГК-71 его входиое сопротивлеиие около 200 Ом.

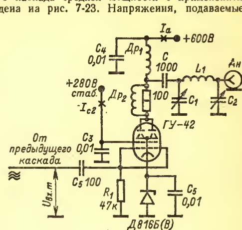


Рис. 7-23.

Даииые дросселя в цепи иакала при лампе ГК-71: иа сердечиик М700НМ-2-8 × 160 намотаио 3—4 слоя лакоткаии; обмотки иамотаиы одиовремеиио сложеииым вдвое проводом ПЭВ-2 1,45—1,6 и заиимают всю длииу стержия. С учетом падеиия иапряжеиия иа дросселе обмотка иакала траисформатора питаиия лампы ГК-71 должиа давать напряжеиие 21 В.

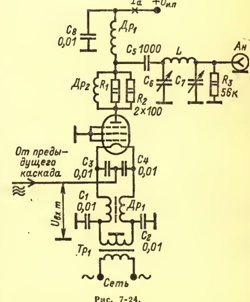


Рис. 7-24.

Особенности электропитания передатчиков

Устройства питаиия ЗГ, умножителей, смесителей и каскадов предварительиого усиления не отличаются от устройств питаиия приемииков, УНЧ и т. д. Вместе с тем выпрямители, питающие предокоиечные и выходиые каскады передатчиков второй и первой категорий, имеют иекоторые особениости. В зависимости от мощиости передатчика и типа ламп, используемых в выходиом каскаде, питающий их выпрямитель должен давать иапряжение 500—2500 В при токе до 0,3 А.

Выпрямитель иа напряжеиие более 600—700 В целесообразио выполиить по схеме с удвоеиием иапряжеиия (см. рис. 9-7). Примеияя выпрямитель по схеме иа рис. 9-6 полиым выпрямлеииым иапряжеиием можно питать выходиой каскад передатчика, а вдвое меиьшее иапряжеиие использовать для питаиия предоконечиого каскада.

Таблица 7-3

Режимы работы ламп в линейных усилительных каскадах по схеме с заземленным катодом * (рис. 7-19, 7-24)

Тип лампы	$U_а$, В	$U_{с2}$, В	$U_{с1}$, В	$U_{вх m}$, В	$I_{а0}$, мА	$I_а$, мА	$I_{с2}$, мА	$I_{с1}$, мА	$P_{с1}$, Вт	$P_{вых}$, Вт	$R_{ое}$, кОм
6Ж11П	150	150	—2,0	2	15	30	6	0	0	1,8	2
6П15П	300	150	—2,5	2,5	30	30	7	0	0	2,2	5
ГУ-42 **	600	250	—30	30	50	120	14	0	0	45	2,5
ГУ-29 **	500	200	—16	25	40	200	22	8	0,4	60	1
6П20С	500	200	—45	45	30	250	30	0	0	70	1
ГУ-50	1000	300	—50	50	30	120	15	0	0	75	5
ГУ-64	1200	400	—50	50	80	300	50	0	0	230	2,2
ГУ-13	2500	750	—95	118	18	180	28	5	0,2	325	8

* Напряжения питания указаны относительно катодов ламп; $I_{а0}$ — ток в отсутствие возбуждения; $I_а$ — ток при выходной мощности $P_{вых}$.

** Тетроды включены параллельно.

Таблица 7-4

Режимы работы ламп в линейных усилительных каскадах по схеме с заземленной сеткой (рис. 7-24)

Тип лампы	$U_а$, В	$I_{а0}$, мА	$U_{вх m}$, В	$P_{вх}$, Вт	$I_а$, мА	$P_{вых}$, Вт	$R_{ое}$, кОм
ГУ-50	1200	15	60	9	125	95	6
Г-811	1500	23	85	14	155	170	6
ГК-71	2000	20	140	40	240	300	5,5
ГУ-13	2500	30	140	30	200	340	8

Выпрямитель и передатчик должны монтироваться в закрытых кожухах, исключающих возможность прикосновения к проводам и деталям, находящимся под высоким напряжением.

Конденсаторы фильтров высоковольтных выпрямителей должны быть зашунтированы сопротивлениями, обеспечивающими их разряд в течение 2—5 с после выключения передатчика.

В цепях первичных обмоток трансформаторов питания должны стоять плавкие предохранители или перегрузочные автоматы, быстро отключающие выпрямитель от сети при перегрузке.

7-3. ПРИЕМНИКИ ДЛЯ ЛЮБИТЕЛЬСКОЙ РАДИОСВЯЗИ

Основные параметры приемников

Сигналы дальних любительских радиостанций обычно очень слабы, а разница в их частотах может быть очень малой. Поэтому радиоприемники для любительской связи должны иметь значительно лучшие чувствительность и селективность по сравнению с приемниками для приема радиовещательных программ.

Практически приемники сигналов любительских КВ станций должны иметь чувствительность до 0,5—1 мкВ, а УКВ 0,1—0,5 мкВ. Избирательность таких приемников по зеркальному каналу должна быть не хуже 60—80 дБ, что можно обеспечить применением в приемниках двойного преобразования частоты.

Для приема телеграфных немодулированных сигналов в составе приемника (или в виде приставки) необходимо иметь дополнительный гетеродин, генерирующий колебания с частотой, близкой к промежуточной. Колебания эти подаются на детектор, и на его выходе можно получить биения со звуковой частотой.

Ширина полосы пропускания телеграфных сигналов может быть 100 Гц, однако, учитывая низкую стабильность частоты некоторых любительских станций, а также прием радиотелефонных сигналов, необходимо иметь возможность расширять полосу пропускания до 1—3 кГц.

Сужение полосы пропускания достигается применением ФСС, электромеханических или кварцевых фильтров.

Достаточно сильные сигналы любительских станций, работающих в 40-метровом диапазоне, удается принимать на имеющие такой диапазон радиовещательные приемники. Для приема телеграфных сигналов к радиовещательному приемнику нужно изготовить гетеродин-приставку на частоту 465 ± 2 кГц.

Гетеродины к радиовещательным приемникам для приема телеграфных сигналов

Простая схема гетеродина на транзисторе приведена на рис. 7-25. Катушка L_1 намотана на пластмассовом каркасе ⌀ 8 мм и состоит из двух секций шириной 5 мм, расстояние между секциями 33 мм. Каждая секция содержит 40 витков ЛЭШО 16 × 0,09. Выход гетеродина подключается к незаземленному по высокой частоте концу нагруженного на детектор контура УПЧ. Подстроечным конденсатором C_1 устанавливают при среднем положении ротора конденсатора переменной емкости C_2 частоту гетеродина, равную промежуточной частоте приемника. Конденсатором C_2 устанавливают тон биений высотой около 1 кГц.

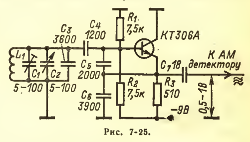


Рис. 7-25.

Гетеродин для лампового приемника, обеспечивающий прием телеграфных сигналов, может быть выполнен, например, по схеме на рис. 7-4. При этом катушка связи L_3 не нужна. Анод лампы 6Ж1П через конденсатор емкостью 1 пФ соединяют с контуром, нагруженным на детектор приемника.

Прием однополосных сигналов

Для приема однополосных сигналов может быть использован приемник с двойным преобразованием частоты. При этом подавленную в передатчике несущую частоту необходимо в приемнике восстановить, подавая на детектор от местного гетеродина напряжение с частотой, равной промежуточной. Для обеспечения неискаженного воспроизведения сигнала в приемнике должны быть приняты специальные меры. Стабильность частоты гетеродинов приемника при приеме однополосного сигнала должна быть такой, чтобы уход частоты преобразованного в промежуточную частоту сигнала был не более 200 Гц за 15 мин работы. Такая стабильность частоты легко обеспечивается приемником с двойным преобразованием частоты, в котором частота первого гетеродина стабилизирована кварцем, а настройка приемника осуществляется изменением частоты второго гетеродина и первой промежуточной частоты. В этом случае уход частоты прием-

ника практически определяется только уходом частоты второго гетеродина, работающего на частотах 2—5 МГц. Требуемая стабильность частоты этого гетеродина $4 \cdot 10^{-5} - 10^{-4}$ может быть получена при использовании параметрической стабилизации (например, по схеме на рис. 7-6). Некоторые трудности вызывают сопряжение контуров усилителей ВЧ и первой ПЧ и приобретение комплекта кварцевых резонаторов, обеспечивающего работу на всех любительских диапазонах.

Можно также применить двойное преобразование частоты при фиксированной

Рис. 7-26.

Рис. 7-27.

первой промежуточной частоте; в этом случае настройка приемника осуществляется изменением частоты первого гетеродина, сопряженной с настройкой контуров УВЧ. Требуемая относительная стабильность частоты первого гетеродина (10^{-5} при работе на 10-метровом диапазоне) может быть обеспечена при выполнении его, например, по схеме на рис. 7-5.

Приемники УКВ для приема однополосных сигналов должны иметь кварцевую стабилизацию частоты первого гетеродина.

Для реализации преимуществ однополосной радиосвязи приемник должен иметь полосу пропускания 2—3 кГц. Наилучшие результаты достигаются при применении в УПЧ электромеханического фильтра.

Для неискаженного приема однополосных сигналов необходимо использовать специальные схемы детектирования.

Детектор однополосного сигнала на пентоде (рис. 7-26). Однополосный сигнал разностной частоты выделяется в анодной цепи смесителя, выполненного на пентоде с двойным управлением. Конденсатор C_3 предотвращает проникание колебаний ВЧ сигналов на вход УНЧ.

Рис. 7-28.

Детектор однополосных сигналов для транзисторного приемника (рис. 7-27). Источником гетеродинного напряжения для этого детектора может служить генератор по схеме на рис. 7-7, *б*. Напряжение от генератора в цепь эмиттера детектора подается с катушки связи L_2, второй конец которой соединен с корпусом.

Детектор однополосных сигналов на полупроводниковых диодах (рис. 7-28). Источником гетеродинного сигнала может служить генератор по схеме на рис. 7-4, причем катушка L_1 в схеме детектора является катушкой L_3 в схеме генератора. Детектор имеет низкое входное сопротивление и напряжение на него должно сниматься с одной десятой части витков выходного контура УПЧ.

Устройства для измерения силы сигналов

Силу принимаемых радиосигналов в радиолюбительской практике принято оценивать в единицах S по 9-балльной системе. Сигнал силой $S9$ создает на входе приемника напряжение 50 мкВ. Каждый меньший балл шкалы соответствует вдвое меньшему напряжению входного сигнала (меньше на 6 дБ). Сигнал с уровнем больше $S9$ оценивают в децибеллах (например, $S9 + 10$ дБ, $S9 + 25$ дБ и т. д.).

Устройство, измеряющее силу сигналов в таких единицах, называется S-метром. Он работает от системы АРУ приемника и имеет на выходе стрелочный индикатор (микроамперметр, проградуированный непосредственно в единицах S).

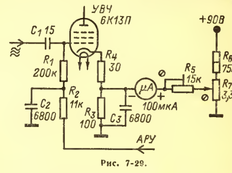


Рис. 7-29.

S-метр по схеме, показанной на рис. 7-29, имеет шкалу от $S2$ до $S9 + 40$ дБ.

Напряжение ГСС, мкВ	0,2	0,4	0,8	1,5	3	6	12	25	50	150	500	1500	5000
Деление S-метра	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9÷10 дБ	9÷20 дБ	9÷30 дБ	9÷40 дБ

7-4. ТРАНСИВЕРЫ

Объединение приемника и передатчика в одной конструкции позволяет существенно уменьшить общее число деталей приемопередающей радиостанции, так как большая их часть будет работать как в тракте передачи, так и в тракте приема. Такая объединенная конструкция получила название «Трансивер».

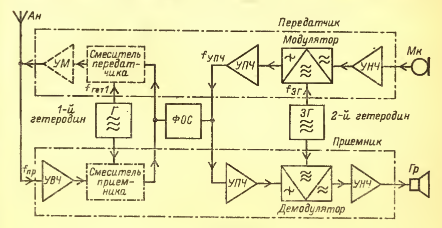
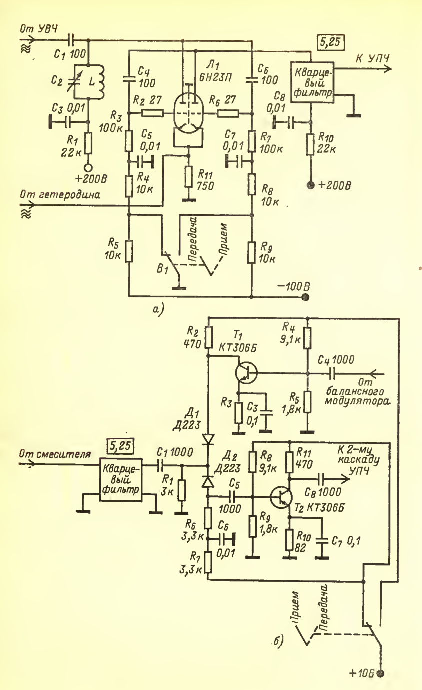


Рис. 7-30.



От УВЧ
C1 100
C2
L
C3 0,01
R1
22к
+200В
C4
100
Л1
6Н23П
R2 27
R6 27
C6
100
R3
100к
C5
0,01
C7
0,01
R7
100к
R11
750
R4
10к
R8
10к
От гетеродина
5,25
К УПЧ
Кварцевый фильтр
C8
0,01
R10
22к
+200В
Передача
Прием
R5
10к
B1
R9
10к
−100В
а)
R2
470
T1
КТ306Б
R4
9,1к
C4 1000
От балансного модулятора
R3
C3
0,1
R5
1,8к
Д1
Д223
От смесителя
5,25
Кварцевый фильтр
C1 1000
R1
3к
Д2
Д223
C5
1000
R8
9,1к
R11
470
К 2-му каскаду УПЧ
C8 1000
T2 КТ306Б
R6
3,3к
C6
0,01
R9
1,8к
R10
82
C7 0,1
R7
3,3к
Прием
Передача
б)
+10В

Рис. 7-31.

Большим преимуществом трансивера является легкость достижения автоматической настройки передатчика на частоту принимаемого сигнала.

Структурная схема трансивера приведена на рис. 7-30. При приеме работают: УВЧ, включенный на его выходе смеситель, УПЧ, детектор и УНЧ приемника. При передаче работает УНЧ передатчика, модулятор, УПЧ на его выходе, смеситель и усилитель мощности (УМ). При переходе на передачу выключаются элементы приемника, а при приеме выключаются элементы передатчика. Фильтр основной селекции (ФОС) используется в режиме как передачи, так и приема. Таким образом, при приеме трансивер представляет собой супергетеродинный приемник с одним преобразованием частоты и гетеродином для приема телеграфных и однополосных сигналов, а при передаче его схема аналогична структурной схеме передатчика на рис. 7-3, *а*.

Частота принимаемого сигнала в приемнике с одним преобразованием частоты

$$f_{\text{пр}} = f_{\text{гет}\,1} \pm f_{\text{УПЧ}}.$$

Частота сигнала излучаемого передатчиком по схеме на рис. 7-3, *а*:

$$f_{\text{перед}} = f_{\text{ЗГ}} + f_{\text{УФОС}}.$$

В трансивере 1-й гетеродин и ЗГ — это одно и то же устройство ($f_{\text{гет}1} = f_{\text{З Г}}$), частота формирования сигнала равна частоте УПЧ приемника, так как определяется центральной частотой ФОС ($f_{\text{УФОС}} = f_{\text{УПЧ}}$). Следовательно, частоты приема и передачи автоматически совпадают.

Все элементы трансивера идентичны аналогичным элементам автономных приемников и передатчиков и могут быть выполнены по схемам, приведенным в § 7-2 и 7-3.

Переключение с приема на передачу производится запиранием или снятием питания с неработающих элементов. Примеры схем управления приведены на рис. 7-31. На рис. 7-31, *а* приведена схема смесителей лампового трансивера, управляемых путем запирания ненужной части лампы отрицательным смещением по управляющей сетке. Левая (по схеме) половина двойного триода является смесителем передатчика, а правая — смесителем приемника.

Рис. 7-32.

На рис. 7-31, *б* приведена схема УПЧ транзисторного трансивера. Здесь управление происходит подачей питающего напряжения. В режиме передачи работает усилитель на транзисторе T_1, диод $Д_1$ открыт, а диод $Д_2$ заперт, так что кварцевый фильтр подключен только к УПЧ передатчика. В режиме приема работает транзистор T_2, диод $Д_1$ закрыт, а диод $Д_2$ открыт, так что кварцевый фильтр подключен только к УПЧ приемника.

В процессе проведения двусторонней радиосвязи на трансивере может возникнуть необходимость несколько изменить частоту приема, сохранив частоту передачи. Бывает необходимо и изменить частоту передачи, сохранив частоту приема. На рис. 7-32 приведена схема подстройки частоты первого гетеродина,

позволяющая реализовать эти варианты в транзисторном трансивере, схема управления которым приведена на рис. 7-31, *б*. Для управления независимой расстройкой трансивера служат два тумблера *Прием* и *Передача*. При установке тумблеров в разомкнутое положение частота, как при приеме, так и при передаче определяется подстроечным конденсатором C_1.

При установке тумблера *Прием* в верхнее положение реле *Р* срабатывает только при приеме, что позволяет изменить частоту настройки трансивера при приеме конденсатором C_2, не изменяя частоту передачи.

При замыкании тумблера *Передача* конденсатором C_1 изменяется частота трансивера только при передаче.

При включении обоих тумблеров конденсатор C_2 управляет частотой трансивера как при приеме, так и при передаче.

ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

РАЗДЕЛ 8

СОДЕРЖАНИЕ

8-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Автоматическими устройствами называются такие устройства, которые позволяют осуществлять операции измерения каких-либо величин или управления какими-либо объектами без вмешательства человека.

Автоматическое устройство в общем случае состоит из следующих основных элементов:

датчика — чувствительного элемента, воспринимающего измеряемую величину и преобразующего ее в электрический сигнал;

нормирующего преобразователя, преобразующего сигнал датчика в унифицированный выходной сигнал требуемой величины и формы;

программного устройства — элемента, вырабатывающего управляющий электрический сигнал заданной формы и уровня;

устройства сравнения — элемента, в котором происходит сравнение сигналов от датчика и от программного устройства;

усилителя мощности, позволяющего усилить сигнал до уровня, необходимого для приведения в действие исполнительного устройства и

самого исполнительного устройства — реле, клапан, двигатель и т. п.

Совокупность всех этих элементов и объекта регулирования образует **систему автоматического регулирования**.

Система, которая производит лишь автоматическое измерение какой-либо величины (температура, освещенность, перемещение и др.) и регистрирует эти показания, но не оказывает воздействия на процесс, называется **автоматической измерительной системой** или **системой автоматического контроля**, если измерения проводятся с целью проверки соответствия измеряемой величины установленным требованиям.

Система регулирования, которая осуществляет процесс управления исполнительным устройством на расстоянии, называется **системой телеуправления**.

На рис. 8-1 показаны структурные схемы контроля (рис. 8-1, *а*), автоматического регулирования (рис. 8-1, *б*) и телеуправления (рис. 8-1, *в*), где X — входная величина; Y — выходная величина; *1* — чувствительный элемент; *2* — нормирующий преобразователь; *3* — прибор индикации или сигнализации; *4* —

Рис. 8-1.

регистрирующий прибор; *5* — передача или прием сигнала человеком; *6* — устройство хранения информации (память); *7* — прибор для сравнения сигнала датчика с заданным сигналом; *8* — усилитель; *9* — исполнительное устройство; *10* — шифратор (модулятор); *11* — генератор; *12* — линия связи; *13* — приемник линии связи; *14* — дешифратор (демодулятор).

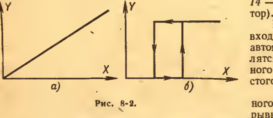


Рис. 8-2.

В зависимости от характера входных и выходных сигналов автоматические устройства делятся на устройства непрерывного (аналоговые) и прерывистого действия (дискретные).

В устройствах непрерывного действия сигналы непрерывны по уровню и во времени и каждому значению входного параметра соответствует определенное значение выходного (рис. 8-2, *а*).

Дискретные автоматические устройства делятся на импульсные и релейные. У импульсных автоматических устройств и входные и выходные сигналы представляют собой импульсы различной длительности, частоты или амплитуды. У релейных устройств непрерывному изменению входного параметра соответствует скачкообразное изменение выходного, которое появляется лишь при достижении входным параметром некоторого заранее заданного значения (рис. 8-2, *б*).

8-2. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Для усиления и преобразования сигнала датчика в величину, удобную для дальнейшей передачи или управления исполнительным органом, широкое распространение получили устройства импульсной техники.

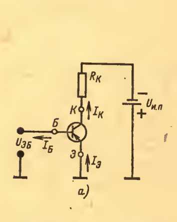
В основе большинства импульсных устройств лежит транзисторный ключ — устройство, имеющее два состояния: открытое и закрытое.

На рис. 8-3, *а* показан наиболее распространенный ключ на транзисторе типа *p-n-p*, включенном по схеме с ОЭ.

Открытое состояние этого ключа характеризуется тем, что транзистор находится в режиме насыщения и через его коллектор протекает ток $I_К \approx U_{и.п}/R_к$.

Это происходит при подаче между базой и эмиттером транзистора отрицательного (относительно эмиттера) сигнала $U_{ЭБ}$, обеспечивающего ток базы $I_Б > I_К/h_{21Э}$.

Закрытое состояние ключа характеризуется тем, что ток эмиттера равен нулю. Такое состояние транзистор принимает при подаче на его базу положительного (относительно эмиттера) напряжения, т. е. $U_{ЭБ} > 0$. При этом ток базы $I_Б \approx -I_{КБО}$ (см. рис. 8-3, *б*).



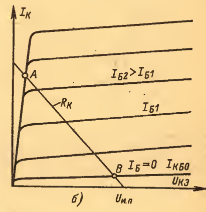


Рис. 8-3.

Эти два состояния транзистора — открытое (насыщенное) и закрытое — определяются соответственно точками *A* и *B* на семействе коллекторных характеристик.

Существует достаточно большое количество транзисторных ключей и способов их запирания. Наиболее распространенным является рассмотренный нами ключ, являющийся основой создания целого ряда импульсных устройств. Рассмотрим некоторые из них.

Симметричный триггер — устройство, имеющее два устойчивых состояния: в одном из них на выходе триггера имеется напряжение, практически равное напряжению источника питания, в другом — напряжение, близкое к нулю. Симметричный триггер широко используется в качестве делителя частоты или элемента памяти.

Триггер работает следующим образом. Допустим, открыт левый транзистор и находится в насыщенном состоянии, потенциал его коллектора близок к нулю ($U_{К1} \approx 0$) и через делитель $R_{Б2}-R_2$ на базу второго транзистора поступает положительный потенциал $+U_Б$. Следовательно, правый транзистор находится в закрытом состоянии и потенциал его коллектора $U_К \approx -U_{и.п}$. Поэтому база левого транзистора будет находиться под отрицательным смещением, что обеспечивает насыщение транзистора T_1. Таким образом, устройство находится в одном из двух устойчивых состояний. При подаче на базу транзистора T_1 положительного (запирающего) входного сигнала через конденсатор $C_{р1}$ левый транзистор

запирается, напряжение U_{K1} становится отрицательным и, поступая на базу транзистора T_2, переводит его в состояние насыщения. Триггер переходит во второе устойчивое состояние, из которого его можно вывести, подав на вход уже отрицательный сигнал.

На практике большое распространение получил триггер с автоматическим смещением (рис. 8-5, *а*). Главным достоинством этого триггера является наличие только одного источника питания и высокая стабильность работы.

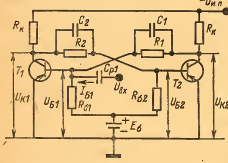


Рис. 8-4.

Положительное напряжение смещения на базах транзисторов в этом триггере образуется за счет резистора $R_э$, создающего на эмиттере отрицательный потенциал при протекании тока открытого транзистора. Конденсатор $C_э$ служит для устранения нежелательной отрицательной обратной связи, которая возникает при смене состояний триггера.

В рассмотренных случаях изменение состояния триггера (запуск) осуществляется подачей импульсов на базу одного транзистора (T_1). При этом полярность управляющих импульсов должна чередоваться: положительный импульс запирает транзистор T_1, а отрицательный — отпирает его. Однако запуск триггера может производиться и другими способами. Рассмотрим один из них, в котором входные импульсы подаются на базы транзисторов через общий вход. Схема такого триггера, который называется триггером с общим входом (или со счетным входом), показана на рис. 8-5, *б*. Для того чтобы перевести триггер из одного устойчивого состояния в другое, необходимо подать импульсы положительной полярности, которые пройдут на базу открытого транзистора и запрут его. Как правило, запуск осуществляют через диоды для развязки цепей управления.

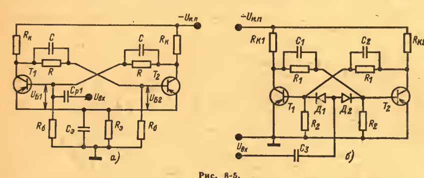


Рис. 8-5.

Расчет симметричного триггера заключается в таком выборе всех его элементов, который обеспечивает получение необходимой амплитуды импульсов на выходе $U_{вых}$ и частоты переключения.

Пример. Рассчитать триггер с автоматическим смещением и с общим входом (рис. 8-5, *а*) при следующих данных: амплитуда выходных импульсов $U_{вых} \geqslant 13$ В;

частота переключения $f = 350$ кГц; максимальная окружающая температура $t = +40°$ С.

1. Рассчитываем напряжение источника коллекторного питания $U_{и.п}$ по формуле $U_{и.п} = 1{,}1U_{вых} + U_Э$, задаваясь, как обычно $U_Э = 2 \div 3$ В.

$$U_{и.п} = 1{,}1 \cdot 13 + 2 \approx 15 \text{ В}.$$

2. Выбираем транзистор типа МП21Г, имеющий следующие параметры: $U_{КЭ макс} = 30$ В; $I_{КБО макс} = 0{,}12$ мА; $h_{21Э} = 20$; $f_{h_{21}} = 1$ МГц.

3. Из условия, что ток коллектора открытого транзистора должен быть меньше допустимого, выбираем сопротивление $R_к = 2$ кОм.

4. Емкость конденсатора следует выбирать такой, чтобы за время опрокидывания триггера напряжение на нем практически осталось неизменным. Обычно выбирают $C = 200 \div 500$ пФ. Выбираем $C = 200$ пФ.

5. Находим $R_б \leqslant \dfrac{1}{(2 \div 3)Cf_{макс}} = \dfrac{1}{2 \cdot 200 \cdot 10^{-12} \cdot 350 \cdot 10^3} = 4{,}7$;

принимаем $R_Б = 4{,}7$ кОм.

6. Рассчитываем сопротивление резистора $R_э$:

$$R_э \geqslant \frac{R_б R_к I_{КБО\,макс}}{U_{и.п} - R_б I_{КБО\,макс}} = \frac{4{,}7 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-3}}{20 - 5{,}1 \cdot 10^3 \cdot 0{,}12 \cdot 10^{-3}} \approx 62;$$

принимаем $R_э = 100$ Ом.

7. Находим сопротивления резисторов R:

$$R \leqslant \frac{h_{21Э} R_б R_к \left[U_{и.п} - (R_э + R_к)\, I_{КБО\,макс}\right]}{U_{и.п}(R_б + R_э)\, h_{21Э}} =$$

$$= \frac{20 \cdot 5{,}1 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^3\,(20 - 2{,}1 \cdot 0{,}12)}{20\,(5{,}1 \cdot 10^3 + 20 \cdot 100)} = 28{,}2;$$

принимаем $R = 24$ кОм

8. Чтобы исключить отрицательную обратную связь, выбираем емкость эмиттерного конденсатора в пределах $1000 \div 5000$ пФ; $C = 1000$ пФ.

Триггер с эмиттерной связью. Кроме рассмотренного симметричного триггера широкое распространение получил триггер с эмиттерной связью (триггер Шмитта). Этот триггер (рис. 8-6) также имеет два устойчивых состояния; он широко применяется в качестве преобразователя синусоидального или линейно изменяющегося напряжения в импульсы прямоугольной формы. Переход триггера из одного устойчивого состояния в другое происходит при $|U_{вх}| > |U_Э|$.

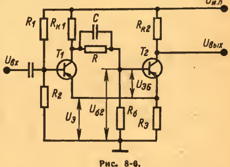


Рис. 8-6.

Основные условия, при которых триггер будет иметь два устойчивых состояния, можно получить, исходя из основных свойств транзисторного ключа: 1) транзистор заперт, если $U_{ЭБ} > 0$; 2) транзистор насыщен, если выполняется неравенство $I_Б > \dfrac{I_К}{h_{21Э}}$.

Используя эти условия, можно получить следующие основные расчетные уравнения:

$$R \leqslant h_{21\,Э} R_б \frac{U_{и.п} R_{к\,2} - I_{КБО\,макс} R_{к\,1} (R_э + R_{к\,2})}{U_{и.п} (R_б + R_э h_{21\,Э})};$$

$$R_2 > \frac{h_{21\,Э} R_э R_{к\,1} U_{и.п}}{R_{к\,2} U_{и.п} + h_{21\,Э} R_{к\,1} (R_{к\,2} + R_э) I_{КБО\,макс}};$$

$$R_1 < \frac{h_{21\,Э} R_2 R_{к\,1}}{h_{21\,Э} R_э + R_2}; \quad R_э = \frac{U_{и.п} - U_{макс}}{U_{макс}}.$$

Значения $R_б$ и C определяются так же, как и для симметричного триггера.

Пример. Рассчитать триггер с эмиттерной связью при следующих данных: $U_{вых} \geqslant 17$ В; период запускающих импульсов с чередующейся полярностью $T = 5$ мкс; $t \leqslant 60°$ С.

Расчет производят в следующем порядке.

1. $U_{и.п} = (1,1 \div 1,2)\, U_{вых} + U_Э = 20$ В.
2. Выбираем тот же транзистор, что и в предыдущем примере (МП121Г).
3. Выбираем $R_{к2} = 2$ кОм; $R_{к1} = 5,1$ кОм; $C = 200$ пФ.
4. Находим

$$R_б < \frac{T}{(2 \div 3) C} = \frac{5,1 \cdot 10^{-6}}{(2 \div 3) \cdot 200 \cdot 10^{-12}} = (8,3 \div 12,5) \cdot 10^3;$$

принимаем $R_б = 10$ кОм.

5. Определяем

$$R_э = \frac{U_{и.п} - U_{вых}}{U_{вых}} R_{к\,2} = \frac{20 - 17}{17} \cdot 2 \cdot 10^3 = 350;$$

принимаем $R_э = 360$ Ом.

6. Находим

$$R \leqslant h_{21\,Э} R_б \frac{U_{и.п} R_{к\,2} - I_{КБО\,макс} R_{к1} (R_э + R_{к\,2})}{U_{и.п} (R_б + R_э h_{21\,Э})} =$$

$$= \frac{15 \cdot 10^4 \cdot (40 \cdot 10^3 - 0,6 \cdot 2,36 \cdot 10^3)}{20 (10^4 + 5,4 \cdot 10^3)} = 19,5 \cdot 10^3;$$

принимаем $R = 18$ кОм.

7. Рассчитываем

$$R_2 > \frac{h_{21\,Э} R_э R_{к1} U_{и.п}}{R_{к\,2} U_{и.п} + h_{21\,Э} R_{к1} (R_{к\,2} + R_э) I_{КБО\,макс}} =$$

$$= \frac{15 \cdot 360 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot 20}{2 \cdot 10^3 \cdot 20 + 15 \cdot 5,1 \cdot 10^3 \cdot 2,36 \cdot 0,12} = 8,9 \cdot 10^3;$$

принимаем $R_2 = 9,1$ кОм.

8. Определяем

$$R_1 \leqslant \frac{h_{21\,Э} R_{к\,2} R_{к\,1}}{h_{21\,Э} R_э + R_2} = \frac{15 \cdot 9,1 \cdot 10^3 \cdot 5,1 \cdot 10^3}{15 \cdot 360 + 9,1 \cdot 10^3} = 46,5 \cdot 10^3;$$

принимаем $R_1 = 43$ кОм.

Симметричный мультивибратор (рис. 8-7). Симметричный мультивибратор является типичным представителем группы устройств, вырабатывающих коле-

бания сложной формы (отличной от синусоиды), называемых **релаксационными** генераторами.

Генераторы релаксационных колебаний имеют накопитель энергии (чаще всего в виде конденсатора) и электронный ключ, переключение которого обусловлено запасом энергии в накопителе. Работает симметричный мультивибратор следующим образом.

Пусть в начальный момент транзистор T_1 открывается и переходит в насыщенное состояние. В этот момент все напряжение на конденсаторе C_1, который при закрытом транзисторе T_1 и открытом транзисторе T_2 был заряжен до напряжения $U_C \approx U_{\text{и. п}}$, оказывается приложенным положительным потенциалом к базе транзистора T_2. Транзистор T_2 запирается. Конденсатор C_1 начинает разряжаться от напряжения $+U_{\text{и. п}}$ (в точке *a*) за счет протекания тока разряда через резистор R_1, поддерживая потенциал базы транзистора T_2 положительным, но убывающим по величине. В результате этого транзистор T_2 находится в режиме отсечки. Как только напряжение на базе транзистора T_2 станет равном нулю, транзистор T_2 откроется.

Одновременно с разрядом конденсатора C_1 происходит заряд конденсатора C_2 через резистор $R_{\text{к}2}$ до значения коллекторного напряжения транзистора T_2 $(U_{C_2} \approx U_{\text{к}2} \approx -U_{\text{и. п}})$. Как только транзистор T_2 откроется, положительный потенциал конденсатора C_2 в точке *b* будет подан на базу транзистора T_1 и закроет его. Далее процесс повторяется.

Постоянные времени цепей разряда конденсаторов C_1 и C_2 соответственно равны: $t_1 = 0{,}7\ \ C_1R_1$; $t_2 = 0{,}7\ \ C_2R_2$. Эти величины и определяют длительность импульсов t_1 на выходе мультивибратора t_1, интервал между ними t_2 и частоту $1/t_2$.

Рис. 8-7.

Изменение или регулировку частоты колебаний мультивибратора проще всего осуществлять изменением сопротивления резистора $R = R_1 = R_2$.

Расчет симметричного мультивибратора с коллекторно-базовыми связями (рис. 8-7) производят следующим образом.

1. По заданной максимальной частоте генерации выбирают тип транзистора (исходя из условия $f_{h21\text{Б}} \geqslant 5f$), обеспечивающего форму выходных импульсов, близкую к прямоугольной.

2. Напряжение источника питания выбирают по заданному напряжению $U_{\text{вых}}$:

$$U_{\text{и.п}} \approx 1{,}2U_{\text{вых}}.$$

3. Сопротивление резистора $R_{\text{к}}$ вычисляют по соотношению

$$R_{\text{к}} \approx \frac{U_{\text{и.п}}}{I_{\text{К}}},\ \text{где}\ I_{\text{К}} \leqslant I_{\text{К доп}};$$

обычно $R_{\text{к}} = 1 \div 3$ кОм.

4. Сопротивление в цепи базы находят по условию

$$R_1 = R_2 \leqslant h_{21\text{Э}}R_{\text{к}}.$$

5. Емкости конденсаторов определяют из выражений

$$C_1 \approx \frac{t_1}{0{,}7R_1}; \quad C_2 \approx \frac{t_2}{0{,}7R_2}.$$

Ждущий мультивибратор с эмиттерной связью. Ждущий мультивибратор (одновибратор, кипп-реле) с эмиттерной связью (рис. 8-8, *а*) является ждущим генератором импульсов прямоугольной формы. При поступлении на его вход короткого запускающего импульса на выходе вырабатывается прямоугольный импульс, длительность которого определяется элементами цепи.

Ждущий мультивибратор характеризуется наличием одного устойчивого состояния (транзистор T_1 — закрыт, T_2 — открыт) и одного временно устойчивого (транзистор T_1 — открыт, T_2 — закрыт), вызванного подачей на вход отрицательного импульса. Длительность временно устойчивого состояния обычно много больше длительности входного импульса. Исходное устойчивое состояние обеспечивается таким выбором сопротивлений резисторов R_1, R_2, $R_э$, что напряжение $U_{ЭБ}$ транзистора T_1 оказывается положительным.

При подаче короткого отрицательного импульса на вход (рис. 8-8, *б*) транзистор T_1 открывается и напряжение конденсатора C положительным полюсом оказывается приложенным к базе транзистора T_2, что приводит к его запиранию. Транзистор T_2 остается закрытым до тех пор, пока напряжение на его базе не уменьшится (вследствие разряда конденсатора C по цепи RC) до $-U_э$.

Рис. 8-8.

Расчет ждущего мультивибратора с эмиттерной связью (рис. 8-8, *а*) производят в следующем порядке.

1. Определяют напряжение источника питания

$$U_{и.п} = U_{вых} + R_э I_{К2} = U_{вых} + (2 \div 3)\ В.$$

2. По заданной частоте следования импульсов и напряжению выбирают транзисторы с учетом условия

$$I_{К2} = (2 \div 3)\ I_{К1}.$$

3. Рассчитывают сопротивления резисторов $R_э$, $R_{к1}$, $R_{к2}$ по формулам

$$R_э \leqslant \frac{U_{и.п} - U_{вых}}{I_{К2}}; \quad R_{к1} = \frac{U_{и.п}}{I_{К1}} - R_э; \ R_{к2} = \frac{U_{и.п}}{I_{К2}} - R_э.$$

4. Рассчитывают сопротивления резисторов R_1, R_2 по формулам

$$R_1 \geqslant \frac{h_{21Э} I_{К2}(R_{к1} + R_э) - h_{21} U_{и.п}}{h_{21Э} I_{КБО\,макс} + I_{К2}}; \quad R_2 = \frac{h_{21Э} R_1 R_э}{h_{21Э} R_{к1} - R_1}.$$

5. Сопротивление резистора $R_б$ определяют из условия насыщения транзистора T_2 по формуле

$$R_б \leq \bar{h}_{21Э} \frac{U_{и.п} - R_Э I_{К2}}{I_{К2}} = h_{21Э} R_{к2}.$$

6. По заданной длительности импульсов определяют емкость конденсатора C по формуле

$$t_и = 0{,}7RC.$$

Правильность выбора емкости конденсатора C проверяют из следующего условия: время восстановления схемы должно быть меньше интервала между импульсами, т. е.

$$t_{восст} < T = (4 \div 5)\, C\, (R_{к1} + R_э).$$

Блокинг-генераторы. Блокинг-генераторы представляют собой однокаскадные релаксационные генераторы кратковременных (до нескольких наносекунд) импульсов, с индуктивной обратной связью.

Блокинг-генераторы могут работать как в режиме автоколебаний, так и в ждущем режиме. Отличительной особенностью автоколебаний блокинг-генераторов является возможность получения чрезвычайно высокой скважности (до десятков тысяч), которую не позволяет получить никакой другой генератор. При этом лампа или транзистор находятся в облегченном тепловом режиме. Блокинг-генераторы могут работать также в режиме синхронизации или деления частоты. Все эти свойства позволяют широко использовать блокинг-генераторы в делителях частоты счетных импульсов, источниках мощных импульсов, запоминающих устройствах, генераторах пилообразного напряжения и др.

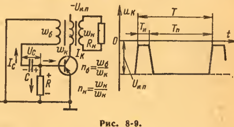


Рис. 8-9.

Структурная схема блокинг-генератора на транзисторе приведена на рис. 8-9.

Рассмотрим физические процессы, протекающие в блокинг-генераторе. Пусть в первый момент времени транзистор открылся и в коллекторной цепи начал протекать ток $I_К$. Вторичная обмотка транзистора (обмотка обратной связи) включена так, что в ней возникает э. д. с. взаимоиндукции такой полярности, что через базу транзистора протекает ток положительного направления и потенциал базы понижается. Это приводит к дальнейшему увеличению тока коллектора, т. е. осуществляется лавинообразный процесс (блокинг-процесс), который протекает столь быстро, что можно считать, что конденсатор C не успевает заряжаться. Лавинообразный процесс увеличения тока коллектора прекращается, когда транзистор достигает насыщения; э. д. с. взаимоиндуктивности падает до нуля и ток во вторичной обмотке начинает убывать. Это вызывает появление в ней э. д. с. индуктивности, поддерживающей ток прежнего направления, который постепенно убывает по мере заряда конденсатора C. Конденсатор заряжается, приобретая положительный потенциал на базовом электроде по цепи — базовая обмотка трансформатора — открытый транзистор. Ток коллектора с повышением потенциала базы уменьшается, что приводит к увеличению потенциала базы за счет э. д. с. взаимоиндуктивности в цепи положительной обратной связи. Это в свою очередь приводит к дальнейшему уменьшению тока коллектора, т. е. происходит лавинообразный процесс запирания транзистора. К моменту его запирания напряжение на конденсаторе достигает некоторого максимального

значения U_C. После запирания транзистора конденсатор начинает разряжаться по цепи базовая обмотка трансформатора — резистор R — источник питания $U_{и.п}$. Ток перезаряда создает на резисторе R падение напряжения (полярность его указана на рис. 8-9), и транзистор находится в запертом состоянии до момента, пока напряжение на базе не станет близким к нулю. После этого начинается процесс отпирания.

Временная диаграмма выходного напряжения блокинг-генератора приведена на рис. 8-9.

С достаточной для практики точностью период следования импульсов можно определить по формуле

$$T \approx T_и = RC \ln(1+n),$$

где n — отношение числа витков катушки в базовой цепи к числу витков катушки в коллекторной цепи.

8-3. ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕЛЕ

Реле времени для фотопечати

Диапазон выдержек реле времени, схема которого показана на рис. 8-10, составляет 1—30 с. В качестве электромагнитного реле может быть использовано любое реле с током срабатывания до 60 мА.

При установке переключателя B в положение *Установка кадра* лампа увеличителя $Л_2$ включена в сеть постоянно. Если же переключатель B установлен в положение *Рв*, при нажатии кнопки $Кн_1$ включается лампа увеличителя $Л_2$. При этом реле P срабатывает и его контакт P^1 шунтирует кнопку. Одновременно происходит заряд конденсатора C_2 через резисторы R_2 и R_3, которым регулируется длительность выдержки. Когда напряжение на конденсаторе C_2 достигает потенциала зажигания лампы $Л_1$, она зажигается и через обмотку реле и лампу проходит ток разряда конденсатора C_2. Так как он направлен против первоначального тока, удерживающего якорь реле, ток через обмотку реле уменьшается и реле отпускает якорь. Реле времени вернется в исходное состояние, показанное на схеме. Конденсатор C_2 разрядится полностью через резистор R_4.

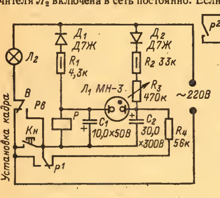


Рис. 8-10.

Сопротивление резистора R_1 подбирают так, чтобы обеспечить надежное срабатывание реле. Ориентировочно его сопротивление в килоомах определяют по формуле

$$R_1 = \frac{U_c}{2{,}2 I_p},$$

где U_c — напряжение сети, В; I_p — ток срабатывания реле, мА.

Реле времени на транзисторе (рис. 8-11). Для обработки цветных отпечатков реле обеспечивает время экспонирования от 0,5 до 150 с и время обработки отпечатков в растворах 3—5 мин.

При нажатии кнопки *Кн* выпрямитель включается в сеть и конденсатор C_1 почти мгновенно заряжается. Импульс тока через конденсатор C_2 и резистор R_2 подается на обмотку реле P, которое срабатывает и контактами P^2 блокирует кнопку, а контактами P^1 включает релаксационный генератор (R_{17}, C_4, $Л_3$). Отдельные вспышки неоновой лампы $Л_3$ свидетельствуют о нормальной работе реле времени. В дальнейшем якорь реле удерживается в притянутом положении током, протекающим через резистор R_3 и обмотку реле.

Конденсатор C_3 заряжается от стабилизатора напряжения $Л_2R_{15}$. Изменяя сопротивление резисторов R_6 и R_7, можно изменять время выдержки от 0,5 до 150 с. Когда напряжение на конденсаторе C_3 достигает напряжения зажигания неоновой лампы $Л_1$, лампа зажигается, на базу транзистора T_1 подается отрицательное смещение и транзистор открывается. Реле, шунтированное малым сопро-

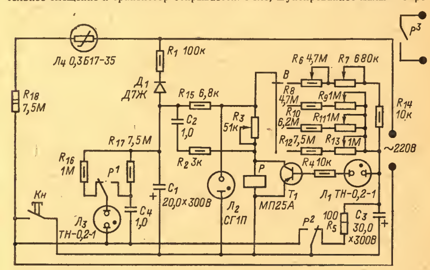


Рис. 8-11.

тивлением транзистора, отключает контактом P^2 и P^3 выпрямитель и лампу увеличителя от сети. Конденсатор C_3 быстро разряжается через резистор R_5 и реле времени готово к следующему циклу.

В устройстве можно использовать любой маломощный низкочастотный транзистор с возможно более высоким допустимым напряжением между коллектором и эмиттером. Сопротивления резисторов R_2 и R_3 подбирают в зависимости от типа примененного реле. При $R_3 = 51$ кОм ток срабатывания реле должен быть 2,5—3 мА. Об окончании выдержки сигнализирует лампа $Л_3$.

Питание прибора осуществляется от сети через бестрансформаторный однополупериодный выпрямитель $Д_1C_1$. Резистор R_1 ограничивает импульс тока при включении выпрямителя в сеть. Чтобы исключить влияние сетевого напряжения на длительность выдержек, напряжение, подаваемое на зарядную цепь реле времени, стабилизировано газонаполненным стабилитроном $Л_2$.

Так как с изменением температуры нити лампы увеличителя при колебаниях сетевого напряжения меняется и спектральный состав света, излучаемого лампой, напряжение накала ее должно быть стабилизировано. С этой целью в приборе применен бареттер $Л_4$ типа 0,3Б17-35 (для лампы увеличителя мощностью 60 Вт).

Реле времени с туннельным диодом (рис. 8-12). В реле времени в качестве порогового элемента применен туннельный диод $Д_1$. При указанных на схеме

значениях сопротивления резистора R_1 и емкости конденсатора C_1, которые образуют времязадающую цепь, обеспечивается задержка между моментом замыкания контактов выключателя B_1 и моментом срабатывания электромагнитного реле P_1 длительностью около 2,5 мин.

После включения питания конденсатор C_1 начинает заряжаться через резистор R_1. По мере увеличения напряжения на этом конденсаторе увеличиваются напряжения на затворе полевого транзистора T_1, ток его истока, падение напряжения на резисторе R_2 и ток эмиттера транзистора T_2. В начале этого процесса напряжение на туннельном диоде и на базе транзистора T_3 малы, вследствие чего ток в обмотке реле P_1, включенный в коллекторную цепь транзистора T_1, также мал.

При некотором значении эмиттерного тока транзистора T_2 рабочая точка туннельного диода скачком перемещается на второй восходящий участок вольт-амперной характеристики; напряжение на нем и на базе транзистора T_3 резко возрастает. В результате транзистор T_3 открывается и электромагнитное реле P_1 срабатывает

Рис. 8-12.

Конденсатор C_2, шунтирующий туннельный диод, устраняет возможность его преждевременного переключения от действия флуктуаций питающего напряжения. Резистор R_4 ограничивает коллекторный ток транзистора T_3 на уровне тока срабатывания электромагнитного реле.

В описываемом устройстве использовано электромагнитное реле РЭС-10 (паспорт РС4. 524. 303. Сп). При использовании других реле может потребоваться изменение напряжения питания и сопротивления резистора R_4. Во всех случаях максимально допустимый ток коллектора транзистора T_3 должен быть больше тока срабатывания электромагнитного реле.

В связи с тем что емкость электромагнитного конденсатора может существенно отличаться от обозначенного на нем номинального значения, требуемое время задержки устанавливают подбором сопротивления резистора R_1.

Заменив постоянный резистор R_1 переменным, можно менять выдержку времени.

Фотореле

Фотореле предназначаются для включения или отключения каких-либо устройств контроля, регулирования или сигнализации при изменении освещенности. Наиболее распространены фотореле, в которых в качестве чувствительных элементов применяются фоторезисторы.

Фотореле для автоматического включения и выключения освещения. Реле (рис. 8-13) включает освещение при освещенности менее 5 лк, выключает при освещенности более 10 лк.

Резистор R_2 служит для изменения порога срабатывания реле. В устройстве могут быть применены реле МКУ-48 ($I_{сраб}$ = 22 мА, $R_{обм}$ = 1900 Ом).

Фотореле на транзисторах. Фотореле (рис. 8-14, а) срабатывает при освещении фотодиода ФД-2. При этом открываются транзисторы T_1 и T_2, вызывая увеличение падения напряжения на резисторе R_3. Когда напряжение достигает величины пробоя стабилитрона, он открывается и отпирает транзистор T_3 вызывая срабатывание реле P (типа РЭС-10, паспорт РС4.524.304.)

На рис. 8-14, *б* приведены схема фотореле с фоторезистором; его включение и выключение происходит практически при одной и той же освещенности. Фото-

реле состоит из мультивибратора на транзисторах T_1 и T_2, усилителя T_3, выпрямителя $Д_2$, транзисторного ключа T_4 и блока питания. При малой освещенности сопротивление фоторезистора R_1 велико, положительная обратная связь с коллектора транзистора T_2 на базу T_1 мала и мультивибратор не работает. При увеличении освещенности фоторезистора его сопротивление уменьшается, что приводит к самовозбуждению мультивибратора.

Для исключения влияния каскада усиления на стабильность работы мультивибратора сигнал на базу транзистора T_3 подается с эмиттера транзистора T_2. Нагрузкой транзистора T_3 является трансформатор $Тр_1$, напряжение со вторичной обмотки которого (после выпрямления диодом $Д_2$) используется для управления ключом T_4, вызывая срабатывание реле (РЭС-10, паспорт РС4.524.302 или другое реле с током срабатывания 18-20 мА). В качестве трансформатора $Тр_1$ может быть использован согласующий трансформатор от любого переносного транзисторного приемника. Обмотка *I* имеет большое число витков.

Регулировка порога срабатывания осуществляется резистором R_2.

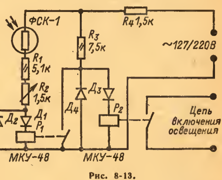


Рис. 8-13.

На рис. 8-14, *в* приведена схема мощного фотореле на тиристоре. Фотореле состоит из трехкаскадного усилителя на транзисторах $T_1 — T_3$, ключа на симметричном тиристоре $Д_7$, исполнительного механизма P_1 и блока питания, включающего выпрямительный мост на диодах $Д_3 — Д_6$ и стабилитрон $Д_1$. Первые два каскада усилителя охвачены положительной обратной связью и образуют усилитель постоянного тока. Резистор R_1 позволяет регулировать порог срабатывания фотореле в диапазоне 25—800 лк.

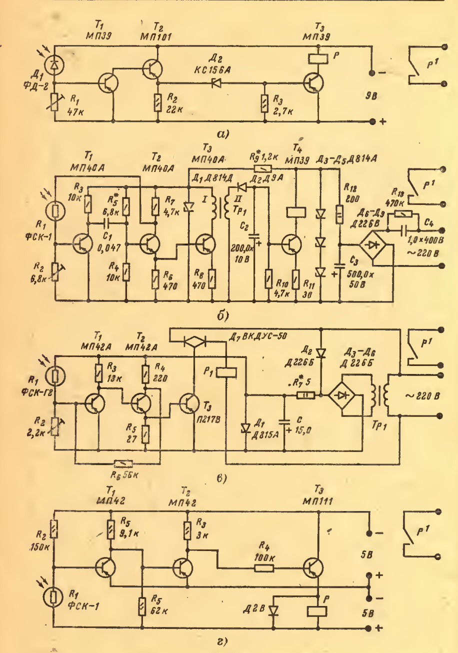
Особенностью схемы является применение тиристора типа ВКДУС, способного коммутировать токи в сотни ампер. В качестве исполнительного механизма может быть использовано любое реле или другое коммутирующее устройство с током срабатывания 0,25—25 А. Трансформатор $Тр_1$ понижающий, с коэффициентом трансформации 40.

Транзисторное термостабилизированное фотореле (рис. 8-14, г). При затемненном фоторезисторе транзистор T_1 открыт за счет смещения, подаваемого на его базу через резистор R_2. Остаточное напряжение на коллекторе транзистора T_1, равное нескольким десяткам милливольт и подаваемое на базу транзистора T_2, компенсируется запирающим потенциалом, который подается через резистор R_3 с плюсовой шины дополнительного источника питания. Следовательно, потенциал базы транзистора T_2 приблизительно равен потенциалу общей шины и транзистор полностью закрыт. Транзистор обратной проводимости включен на коллекторную нагрузку транзистора T_2 через резистор R_4.

При освещении фоторезистора его сопротивление падает, что приводит к появлению плюсового потенциала на базе транзистора T_1, и транзистор закрывается, а потенциал на его коллекторе уменьшается. Это приводит к перераспределению потенциала на базе транзистора T_2 и транзистор открывается, открывая выходной транзистор T_3.

В устройстве может быть применено реле любого типа с рабочим током не более 20 мА (например, типа РПМ с $I_{сраб} = 15$ мА и $R_{обм} = 300$ Ом).

Резистор R_2 желательно сделать составным в виде последовательно включенных переменного и постоянного резисторов, что позволит просто настраивать реле.



T1 МП39
T2 МП101
T3 МП39
Д1 ФД-2
Д2 КС156А
R1 47к
R2 22к
R3 2,7к
Р
9В
Р1
а)
T1 МП40А
T2 МП40А
T3 МП40А
T4 МП39
R9* 1,2к
Д1 Д814Д
Д2 Д9А
Д3-Д5 Д814А
R1 ФСК-1
R2 6,8к
R3 10к
R5* 6,8к
C1 0,047
R4 10к
R7 4,7к
R6 470
R8 470
Тр1
C2 200,0х10В
R10 4,7к
R11 30
R12 200
C3 500,0х50В
R13 470к
Д6-Д9 Д226В
C4 1,0х400В
~220 В
б)
T1 МП42А
T2 МП42А
T3 П217В
Д7 ВКДУС-50
R1 ФСК-Г2
R2 2,2к
R3 13к
R4 220
R5 27
R6 56к
Р1
Д2 Д226Б
R7* 5
Д3-Д6 Д226Б
Д1 Д815А
С 15,0
Тр1
~220 В
в)
T1 МП42
T2 МП42
T3 МП111
R2 150к
R1 ФСК-1
R5 9,1к
R3 3к
R4 100к
R5 62к
Д2В
Р
5В
г)

Рис. 8-14.

Настройка реле сводится к тому, чтобы транзистор T_1 вошел в насыщение (посредством изменения сопротивления резистора R_1) при затемненном фоторезисторе.

Фотореле со звуковой сигнализацией. (рис. 8-15) может быть использовано в тире, где мишени «поражают» лучом света, и для сигнализации проникновения света в затемненное помещение; устройство питается от двух батарей 3336Л.

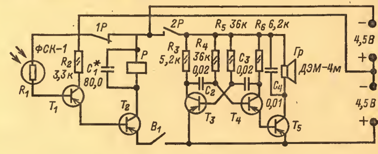


Рис. 8-15.

Фоторезистор ФСК-1, усилитель на транзисторах T_1 и T_2 и электромагнитное реле P образуют фотореле, а мультивибратор на транзисторах T_3 и T_4 и усилитель на транзисторе T_5 с громкоговорителем $Гр_1$ — звуковой генератор.

Когда фоторезистор не освещен, его сопротивление велико и транзистор T_2 — заперт. При освещении фоторезистора его сопротивление уменьшится и ток через обмотку реле увеличится. Реле P срабатывает, его контакты $1P$ разрывают

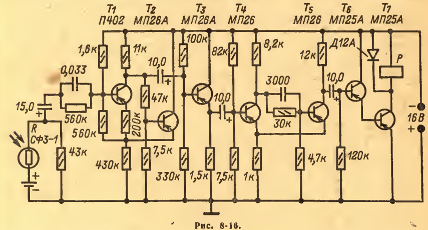


Рис. 8-16.

цепь питания фоторезистора, а контакты $2P$ включают питание звукового генератора, и в громкоговорителе, в качестве которого используется телефонный капсюль ДЭМ-4м (ДМШ-а) появляется звук. Длительность звука составляет доли секунды и зависит от емкости конденсатора C_1, который после отключения фоторезистора разряжается через обмотку реле, затягивая отпускание его якоря. Как только конденсатор разрядится, контакты $2P$ разомкнут цепь питания

звукового генератора, а контакты $1P$ подключат к транзистору T_1 фоторезистор и цикл повторится.

В приборе можно использовать маломощные низкочастотные транзисторы типов МП39—МП42. Вместо фоторезистора ФСК-1 можно применить ФСК-2, ФСД-1. Наибольшая чувствительность прибора получается при использовании фоторезистора ФСД-1.

Электромагнитное реле может быть любого типа с током срабатывания 10—12 мА (например, типа РКН с сопротивлением обмотки 400—800 Ом).

Рис. 8-17.

Широкодиапазонное фотореле высокой чувствительности (рис. 8-16) имеет порог срабатывания $0{,}13 \div 0{,}3$ лк при длительности светового импульса несколько десятых долей миллисекунды.

Первый каскад — корректирующий каскад для фоторезисторов позволяет в 10^2—10^3 раз повысить быстродействие устройств с фоторезисторами.

Корректирующий каскад собран на транзисторах T_1 и T_2. Выходной сигнал снимается с коллектора транзистора T_1. На транзисторе T_3 собран разделительный каскад, обеспечивающий согласование выходного сопротивления корректирующего каскада и триггера Шмитта (транзисторы T_4 и T_5).

Транзисторы T_6 и T_7 работают в ключевом режиме и предназначены для усиления мощности. Реле могут быть использованы типа МКУ-48 ($I_{\text{сраб}} = 130$ мА).

Фотореле для автоматического выключения уличного освещения. На рис. 8-17 приведена принципиальная схема простого устройства, представляющего соединение триггера Шмитта на транзисторах T_1 и T_2 и фотодиода. Порог срабатывания триггера определяется освещенностью фотодиода и сопротивлением переменного резистора R_1. Таким образом, путем подстройки переменного резистора можно регулировать порог срабатывания триггера.

Термореле

Реле поддерживают температуру помещения или какого-либо устройства в заданном диапазоне. В качестве датчиков температуры в них применяют контактные термометры, терморезисторы и другие термочувствительные элементы.

Термореле с контактным термометром (рис. 8-18). При разомкнутых контактах ртутного термометра PT транзистор T_1 открыт, напряжение на его коллекторе мало и на кремниевый диод, включенный в цепь эмиттера транзистора T_2, через резистор R_3 подается отрицательное напряжение, значительно превышающее напряжение на коллекторе открытого транзистора T_1. Разность между напряжениями на диоде $Д_2$ и коллекторе транзистора T_1 смещает эмиттерный переход транзистора T_2 в обратном направлении и транзистор запирается.

При замыкании контактов ртутного термометра транзистор T_1 запирается и отрицательное напряжение на его коллекторе становится достаточным для отпирания транзистора T_2. При этом срабатывает реле P_1 с током срабатывания 30—40 мА (МКУ-48).

Термореле на интегральных микросхемах. На рис. 8-19 приведена схема стабильного усилителя с релейным выходом, которая может быть использована для контроля температуры или других параметров с датчиками сопротивления

или напряжения постоянного тока, выходное напряжение которых составляет сотни милливольт.

На входе усилителя, соединенном с датчиком (например, термистором), включен предварительный запирающий фильтр, настроенный на основную гармонику помехи (50 Гц). Фильтр выполнен по схеме двойного Т-моста на элементах $R_1 - R_3$, $C_1 - C_3$. Усилитель-интегратор $У_1$ собран на интегральной микросхеме К1УТ401Б с конденсатором C_4 в цепи отрицательной обратной связи. Резистор R_4, шунтирующий этот конденсатор, несколько ухудшает качество интегрирования, однако, поскольку сопротивление резистора R_4 значительно больше сопротивления конденсатора C_4 на частоте 50 Гц (около 3 кОм), такое ухудшение оказывается несущественным. С учетом ООС в каскаде $У_1$ и суммарного сопротивления резисторов $R_1 - R_2$ входное сопротивление по постоянному току такой системы получается около 100 кОм. На выходе $У_1$ включен пассивный фильтр нижних частот на элементах R_7, C_5.

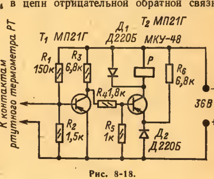


Рис. 8-18.

Второй каскад $У_2$ выполнен также на микросхеме К1УТ401Б и работает в триггерном режиме благодаря цепи положительной обратной связи на элементах $R_9 - R_{11}$. Транзистор T (типа КТ312Б) служит для согласования каскада $У_2$ с релейной нагрузкой (реле P). Диоды $Д_1$ и $Д_4$ предназначены для ограничения уровней входных сигналов при их изменении в широком диапазоне (при больших расстройствах измерительного моста). В функции цепи $Д_2R_6R_8$ входит защита от обрыва цепи датчика сопротивления: при скачкообразном увеличении вход-

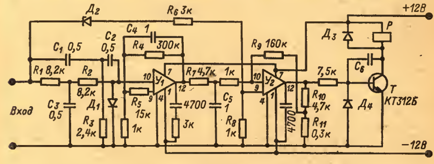


Рис. 8-19.

ного напряжения, вызванном обрывом цепи, пробивается стабилитрон $Д_2$ и разность напряжений между амплитудой скачка и напряжением пробоя (стабилизации) $Д_2$ через делитель R_6R_8 прикладывается к инвертирующему входу $У_2$ (контакт *9*), вызывая надежное запирание основного канала (контакт *10*).

Если необходимо сигнализировать обрыв цепи датчика, параллельно резистору R_8 подключают отдельный триггер с выходом на соответствующее сигнальное реле. При наладке сигнализатора подбирают элементы R_3 (настройка предварительного фильтра), R_5 (установка нуля) и R_9 (порог чувствительности). Регулировки этих элементов в процессе эксплуатации не требуется.

Диоды $Д_1$, $Д_3$ и $Д_4$ — типа ГД107А, $Д_2$ — Д808.

Реле уровня

Электроконтактные реле уровня. Действие их основано на использовании электропроводимости жидкостей и сыпучих материалов. При достижении уровнем металлического электрода сопротивление между электродом и металлической стенкой сосуда резко изменяется. Это изменение сопротивления приводит к изменению в цепи электрод — стенка сосуда, подключенной к источнику э. д. с.

На рис. 8-20 изображен простой электроконтактный сигнализатор уровня. В момент достижения уровнем жидкости электрода Э ток в управляющей цепи база—эмиттер достигает такой величины, что транзистор переходит в режим насыщения и лампа КМ-2 (12 В, 105 мА) зажигается, сигнализируя о наполнении емкости. Вместо лампы может быть использовано любое реле с током срабатывания $I_{сраб} = 100$ мА. Контакты реле могут замыкать цепь привода исполнительного механизма, регулирующего уровень.

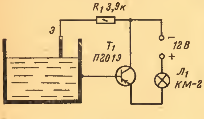


Рис. 8-20.

Триггерное реле уровня (рис. 8-21). Питание его датчиков осуществляется переменным током. В нем применен несимметричный триггер с эмиттерной связью на транзисторах T_1 и T_2.

При уровне жидкости ниже электродов датчиков цепь переменного тока (составной частью которой является жидкость), разомкнута, транзистор T_2 отперт и ток его эмиттера создает падение напряжения на резисторе R_2, поддерживающее транзистор T_1 в закрытом состоянии (первое устойчивое состояние триггера). Реле P_1 (типа КМ, $I_{сраб} = 24$ мА) срабатывает, контакты P_1^2 замыкают цепь электродвигателя насоса, подающего жидкость в резервуар. Контакты P_1^1 разрывают цепь переменного тока нижнего датчика $Д_н$.

В момент соприкосновения жидкости с электродом датчика верхнего уровня $Д_в$ его цепь переменного тока замыкается.

Выпрямленное диодами $Д_1$ и $Д_2$ напряжение подается на вход триггера. Он переходит во второе устойчивое состояние: транзистор T_1 открывается, а T_2 закрывается. Реле P_1, отпуская якорь, замыкает контакты цепи нижнего датчика P_1^1 и размыкает контакты цепи управления P^2. Электродвигатель насоса останавливается.

Рис. 8-21.

Реле уровня, основанное на измерении проводимости по переменному току (рис. 8-22). Если уровень жидкости не достигает электродов $Э_1$ и $Э_2$, выполняются условия самовозбуждения блокинг-генератора на транзисторе T_1; ток его коллектора протекает по резистору R_2 и повышает потенциал базы транзистора T_2. Эмиттер транзистора T_2 имеет в это время более низкий потенциал за счет делителя R_3R_4. Поэтому транзистор T_2 оказывается запертым, а реле P (типа РС-13, $I_{сраб} = 37$ мА) обесточенным.

При замыкании электродов через жидкость генерация срывается, ток коллектора транзистора T_1, протекающий через резистор R_2, уменьшается, смещение

базы транзистора T_2 возрастает, транзистор переходит в режим насыщения и реле P срабатывает.

Датчик прибора потребляет малую мощность (25 мВт) при малом напряжении и может выноситься на большие расстояния (до 150 м). Изменением числа витков обмотки III сигнализатор может быть настроен для работы с жидкостями, имеющими различную проводимость. При $I = II = III = 120$ витков датчик срабатывает при сопротивлении жидкости между электродами 6 кОм и менее.

Для изготовления трансформатора можно применить магнитопровод из двух ферритовых колец марки М2000НМ с наружным диаметром 21 и внутренним 11 мм; провод ПЭВ-1 0,1 мм.

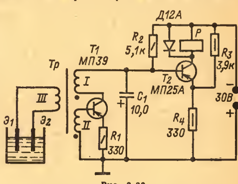


Рис. 8-22.

Фотореле уровня. Действие его основано на измерении светового потока, падающего на фоточувствительный элемент (приемник), при изменении оптических свойств среды, находящейся в прозрачном сосуде между источником света и фоточувствительным элементом.

На рис. 8-23 приведена схема простого регулятора уровня, в котором используются фотодиод ФСД-1 или фоторезистор ФСА-1 и миниатюрная лампа накаливания типа СМ-37. Реле настраивают таким образом, чтобы при расположении уровня ниже пучка света, поступающего на фотодиод, реле P_1 (типа РПН, $r_{обм} = 5000$ Ом) было включено и контакты P_1^1 в цепи обмотки промежуточного реле P_2 (типа МКУ-48, $R_{обм} = 1200$ Ом, $I_{сраб} = 14$ мА) разомкнуты. При подъеме уровня выше пучка света освещенность фотодиода уменьшается, реле P_1 выключаются и контакты P_1^1 включают реле P_2. Зажигается сигнальная лампа $Л_2$ и

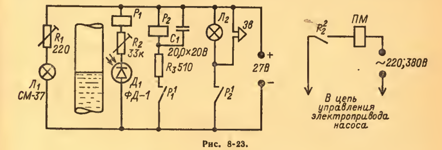


Рис. 8-23.

включается сирена. Одновременно контакты P_2^2 разрывают цепь питания обмотки магнитного пускателя ПМ, управляющего работой насоса.

Тепловое реле уровня. Различие коэффициентов теплопроводности различных сред позволяет построить тепловые реле уровня.

Реле (рис. 8-24) представляет собой неуравновешенный мост, в два плеча которого включены термочувствительные элементы R_8 и R_9. Каждый из них состоит из пяти последовательно включенных терморезисторов ММТ-4, КМТ-4 или КМТ-10 с сопротивлением каждого из них 2000 Ом (при $t = 20°$ С). Помещенные в жидкость, уровень которой регулируется, термочувствительные элементы нагреваются до температуры несколько большей, чем температура жидкости. Когда

резисторы R_8 и R_9 находятся в жидкости, мост сбалансирован и реле P выключено. Как только уровень станет ниже термочувствительного элемента R_8, его температура возрастет (сопротивление R_8 при этом уменьшается), мост разбалансируется и реле P сработает, включив сигнализацию и промежуточное реле привода насоса.

Сопротивление резистора R_1 подбирается в зависимости от среды, уровень которой регулируется, и от типа выбранного реле (например, можно применить реле РЭС-15, имеющее $R_{обм} = 160$ Ом).

Реле уровня жидкостей с относительной диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2{,}0 \div 3{,}5$ (масло, дизельное топливо, бензин, керосин, скипидар и т. п.) в резервуарах открытого или закрытого типа при давлении до $2 \cdot 10^6$ Па. Допустимая погрешность срабатывания не более ± 5 мм относительно оси датчика.

В основу работы реле положено явление резкого увеличения емкости между трубками датчика в $\varepsilon_2/\varepsilon_1$ раз при заполнении их жидкостью через продольную прорезь во внешней трубке (ε_2 и ε_1 соответственно относительные диэлектрические проницаемости контролируемой жидкости и воздуха).

В качестве датчика уровня применен цилиндрический конденсатор (рис. 8-25), обкладками которого служат две коаксиально расположенные никелированные трубки, изолированные друг от друга гетинаксовой шайбой.

Внешняя трубка датчика соединена с корпусом резервуара, а внутренняя — с электронным блоком при помощи коаксиального кабеля.

Плечи моста электронного реле уровня состоят из емкости датчика $C_{дат}$, соединенного последовательно с разделительным конденсатором C_5, подстроечного конденсатора C_9, включенного параллельно конденсатору C_6, и участков 3—4 и 4—5 обмотки II трансформатора Tp_1. Суммарная емкость конденсаторов C_6 и C_9 выбирается средней между максимальной и минимальной емкостями датчика, т. е. в диапазоне $C_{дат.мин} < C_в + C_9 < C_{дат.макс}$.

Если уровень контролируемой жидкости ниже уровня установки датчика, то емкость между трубками минимальна:

Рис. 8-24.

$$\frac{C_{дат.мин}C_5}{C_{дат.мин}+C_5} < C_6 + C_9.$$

Поэтому возникает обратная связь, и, следовательно, генерация. Транзистор T_3 открыт, его коллектор имеет нулевой потенциал, а транзистор T_4 закрыт, и обмотка реле P обесточена.

Если уровень контролируемой среды достигает уровня установки датчиков, то емкость между трубками

$$C_{дат.макс} = \frac{\varepsilon_2 C_{дат.мин}}{\varepsilon_1}.$$

Емкость последовательно соединенных $C_{дат.макс}$ и C_5 становится больше емкости параллельно включенных конденсаторов C_6 и C_9, т. е.

$$\frac{C_{дат.макс}C_5}{C_{дат.макс}+C_5} > C_6 + C_9.$$

Поэтому возникает отрицательная обратная связь и происходит срыв генерации. Транзистор T_3 закрывается, его коллектор достигает отрицательного потен-

цнала 10 В, а транзнстор T_4 открывается. Реле P_1 (тнпа РЭС-10, $R_{обм} = 630$ Ом; $I_{сраб} = 22$ мА) срабатывает, сигнализируя о превышении уровня по сравнению с номинальным.

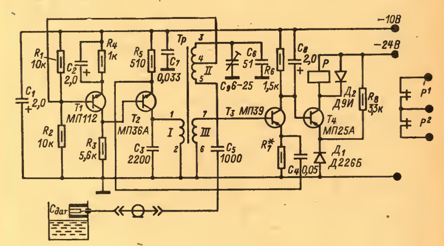


Рис. 8-25.

Трансформатор Tp_1 выполнен на ферритовом кольце М2000НМ 14 × 6 × 6. Обмотка *I* содержит 50 витков, *II* — 80 + 80 и *III* — 25 витков провода ПЭЛШО 0,88.

Диаметр внешней трубки цилиндрического конденсатора датчика уровня 26 мм, диаметр внутренней трубки 16 мм, длина трубок 120 мм, толщина 1 мм. Емкость датчика в воздухе $C_{дат.мин} = 45$ пФ.

8-4. ДИСКРЕТНЫЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИКИ

Кодовые замки

Основу кодовых замков составляют электромеханические или электронные контакты, управляющие электромагнитным исполнительным механизмом и включенные в единую схему таким образом, что на электромагнит подается управляющее напряжение лишь при условии замыкания определенных контактов и в заданной последовательности. Включение электромагнита приводит к перемещению его сердечника, связанного с механическим замком, и отпиранию замка.

Кодовый замок на электромагнитных реле (рис. 8-26) имеет кодирующее устройство, рассчитанное на последовательный и строго определенный порядок нажатия кнопок. При этом число возможных комбинаций кодирования составляет несколько тысяч. Пульт управления имеет 11 кнопок, а кодирующее устройство 4 реле (P_1 — P_4).

Кодирование замка осуществляется изменением включения вилки в гнезда $Гн_{1,2}$ — $Гн_{7,8}$. Так, например, если в гнезда $Гн_{1,2}$ вставить вилки кнопки *8*, в гнезда $Гн_{3,4}$ вилки кнопки *6*, в гнезда $Гн_{5,6}$ вилки кнопки *7*, в гнезда $Гн_{7,8}$ вилки кнопки *4*, то код замка будет 8674.

Замок подключается к источнику питания выключателем B_1. Реле P_1 срабатывает при одновременном нажатии кнопки *Звонок* и кнопки, соответствующей первой цифре кода (кнопки *8*) и самоблокируется контактами P_1^1 и P_1^2. Обе кнопки

можно отпустить. Контакты P_1^2 подготовили реле P_2 к срабатыванию, которое произойдет при нажатии на кнопку *6*. При этом кнопки кода *4* контакты реле P_4^2 включат электромагнит $ЭМ_1$ и замок откроется. При нажатии кнопки, не соответствующей коду, сработает реле P_5 и его контакты P_5^1 обесточат кодирующее реле — система приходит в исходное положение. После того как замок откроется, трансформатор $Тр_1$ отключится от сети нажатием кнопки *Сброс 0*.

Детали замка: трансформатор собран на сердечнике с площадью сечения керна 4,5—5 см²; обмотка *I* — 1080 витков (для сети 127 В) плюс 800 витков (для сети 220 В) провода ПЭЛ 0,18; обмотка *II* — 220 витков провода ПЭЛ 0,51; реле P_1—P_5 — типа РЭС-10 (паспорт РС4.524.313П2).

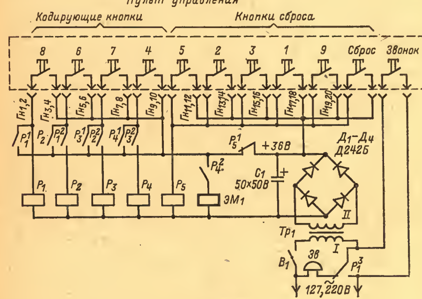


Рис. 8-26.

Кодовый замок на транзисторах. Кодовый замок (рис. 8-27) выполнен на трех транзисторных триггерах и двухкаскадном усилителе тока. Первый триггер образуют транзисторы T_1 и T_2, второй — транзисторы T_4 и T_5, третий — транзисторы T_6 и T_7. В усилителе тока работают транзисторы T_8 и T_9.

Управление замком производится десятью кнопками $Кн_1$—$Кн_{10}$.

В исходном состоянии транзисторы T_1, T_4 и T_6 триггеров открыты и потенциал на их коллекторах равен нулю. При включении питания исходное состояние достигается за счет заряда конденсатора C_1 через резистор R_1, обеспечивающего насыщение транзисторов T_1, T_4 и T_6.

Отпирание замка производится при правильной последовательности нажатия кнопок, подключенных к гнездам *1*, *2*, *3*. В приведенной схеме код замка — 492. При нажатии кнопки $Кн_4$ на базу транзистора T_2 подается отрицательный потенциал, который приводит к его отпиранию, а диод $Д_1$ и транзистор T_3 закрываются. Второй триггер перейдет в другое устойчивое состояние при нажатии следующей кнопки ($Кн_9$), а затем и третий триггер — после нажатия кнопки $Кн_2$. Как только транзистор T_6 закроется, откроются транзисторы T_8 и T_9 и включится

электромагнит $ЭМ_1$, связанный с защелкой замка — и замок откроется. Чтобы вернуть замок в исходное состояние, нужно разорвать цепь тока.

Рис. 8-27.

Для кодового замка можно использовать самодельный электромагнит, конструкция которого показана на рис. 8-28.

Питание электромагнита осуществляется от выпрямителя напряжением 24 В, рассчитанного на ток 0,3—0,5 А. Цифрами обозначены: *1* — ограничительная гайка; *2* — гильза каркаса (пластмасса); *3* — опорный вкладыш (дерево, пластмасса) пружины; *4* — обмотка (2500 витков провода ПЭЛ 0,31); *5* — пружина (сталь); *6* — направляющий стержень сердечника (сталь); *7* — сердечник; *8* — тяга (проволока толщиной 2 мм) для соединения с защелкой дверного замка.

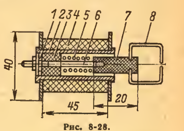


Рис. 8-28.

Сердечник изготовляют из мягкой стали. Ход сердечника должен быть не менее 10 мм.

Трансформатор можно использовать тот же, что и в предыдущем устройстве.

Кодовый замок с емкостной памятью (рис. 8-29). Замок состоит из конденсаторов C_1—C_3, являющихся его памятью, транзистора T_1, диодов $Д_1$ — $Д_4$, электро-

магнитного реле P_1, кнопок $Кн_1$ — $Кн_7$, кодировочного узла, состоящего из штепсельных разъемов $Ш_1$ — $Ш_6$ и электромагнита $ЭМ_1$, сердечник которого механически связан с задвижкой дверного замка.

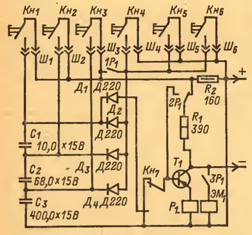


Рис. 8-29.

Код замка трехзначный. Первая цифра кода соответствует номеру кнопки, подключенной к гнездовой части штепсельного разъема $Ш_1$, вторая — кнопки, подключенной к гнездам разъема $Ш_2$, третья — кнопки, подключенной к гнездам разъема $Ш_3$. Чтобы открыть замок, кнопки должны быть нажаты в порядке установленного кода. Кнопки, подключенные к гнездам $Ш_4$ — $Ш_6$, являются не кодовыми и в случае нажатия любой из них замок не откроется.

На рис. 8-29 код замка 123. При нажатии первой кнопки $Кн_1$ конденсатор C_1 заряжается от напряжения, снимаемого с резистора R_2 (до 85% его значения). При нажатии кнопки $Кн_2$ до такого же напряжения заряжается конденсатор C_2; при нажатии кнопки $Кн_3$ конденсатор C_3 заряжается до полного напряжения, имеющегося на резисторе R_2. Таким образом, суммарное напряжение на конденсаторах C_1 — C_3 после набора правильного кода будет составлять 27% напряжения, снимаемого с резистора R_2 и достаточного для срабатывания реле P_1. При правильном нажатии лишь двух кнопок кода напряжение на конденсаторах окажется недостаточным для срабатывания реле. В случае нажатия любой другой кнопки ($Кн_4$ — $Кн_6$) конденсаторы тут же разрядятся через диоды $Д_2$ — $Д_4$ и устройство примет исходное состояние.

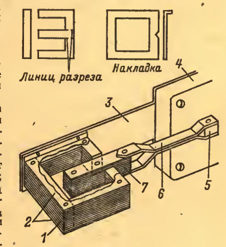


Рис. 8-30.

После правильного выбора кода необходимо нажать кнопку $Кн_7$. При этом на базу транзистора T_1 будет подано напряжение отрицательной полярности, транзистор T_1 откроется и сработает реле P_1. Контакты реле P_1^3 включат электромагнит, который откроет замок; контакты $2P_1$ подключат резистор R_1 к базе транзистора, а через контакты $1P_1$, резистор R_2 и диоды $Д_2$ — $Д_4$ конденсаторы C_1 — C_3 разрядятся. При отпускании кнопки $Кн_7$ база транзистора вновь соединится с плюсом источника питания, транзистор закроется и устройство примет исходное состояние.

В устройстве применено реле P_1 — типа РЭС-22 (паспорт РФ4.500.163). Питание замка осуществляется от выпрямителя с выходным напряжением 24 В и током 1—1,5 А.

Электромагнит изготовляют из низкочастотного дросселя сглаживающего фильтра выпрямителя лампового приемника или телевизора. Сердечник разбирают и распиливают пластины по штриховым линиям согласно рис. 8-30. Среднюю часть набора пластин используют как якорь *7*, а боковые ярма и набор замыкающих пластин — как магнитопровод *1* электромагнита. Части магнитопровода скрепляют вместе с помощью металлических накладок *2*. Чтобы якорь свободно перемещался внутри каркаса обмотки в его наборе должно быть на 4—5 пластин меньше, чем в наборе магнитопровода.

Якорь электромагнита соединяют с ручкой защелки *5* дверного замка *4* тягой *6*, сделанной из двух полос листовой стали толщиной 0,5—1 мм. Магнитопровод закрепляют на стальной пластине *3*, подложенной под замок.

Налаживание электронной части кодового замка сводится к правильному подбору резистора R_2, падение напряжения на котором должно обеспечить достаточный заряд конденсаторов.

Электронный сторож

Электронный сторож (рис. 8-31) представляет собой триггер Шмитта, вход которого соединен с петлей *1* из тонкого медного провода ПЭВ-1 0,09—0,12, которой огражден охраняемый участок. Выходной каскад собран на транзисторе П217А и допускает ток нагрузки до одного ампера (лампа $Л_1$). При обрыве ограждающего провода транзистор T_1 открывается, что приводит к смене состояния триггера (транзисторы T_2, T_3) и отпиранию транзистора T_4; лампа $Л_1$ загорается.

Рис. 8-31.

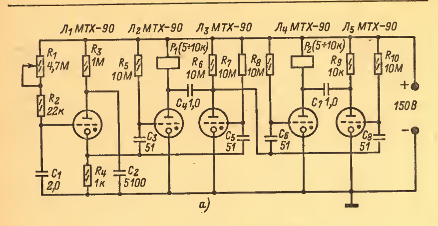
Устройства для автоматического переключения групп осветительных приборов

Примеры простейших устройств такого рода, предназначенных для переключения елочных гирлянд, приведены на рис. 8-32, 8-33.

На рис. 8-32, *а* показана схема переключателя на тиратронах типа МТХ-90. Устройство состоит из релаксационного генератора на тиратроне $Л_1$ и двух триггеров ($Л_2$, $Л_3$ и $Л_4$, $Л_5$), являющихся делителями частоты.

При включении напряжения питания через резисторы R_1 и R_2 заряжается конденсатор C_1 и напряжение на управляющем электроде тиратрона $Л_1$ увеличивается. Когда оно достигнет потенциала зажигания тиратрона, последний зажигается. Конденсатор C_1 разряжается через промежуток управляющий электрод — катод $Л_1$ и резистор R_4. После того как тиратрон погаснет, процесс повторится.

Остроконечные импульсы напряжения положительной полярности, снимаемые с резистора R_4, подаются на управляющие электроды обоих тиратронов первого триггера ($Л_2$, $Л_3$), в результате чего зажигается тиратрон $Л_3$ (в исходном состоянии тиратрон $Л_2$ горит, а $Л_3$ погашен). Конденсатор C_4 начинает разряжаться. Напряжение на нем, а следовательно, и на аноде тиратрона $Л_2$ уменьшается. Тиратрон $Л_2$ гаснет, а реле P_1 отпускает. Полярность напряжения на конденсаторе C_4 изменяется на противоположную. Тиратрон $Л_3$ горит до поступления на вход триггера следующего положительного импульса с релаксационного генератора. Этот импульс возвращает триггер в исходное состояние.



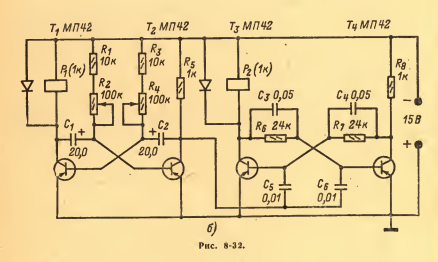


Рис. 8-32.

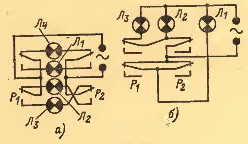


Рис. 8-33.

Тнггер иа тиратроиах $Л_4$ и $Л_5$ работает аналогично, только он запускается положительными нмпульсами, поступающими из анодной цепн тиратроиа $Л_3$. Поскольку частота положительных нмпульсов иа входе трнггера $Л_4$, $Л_5$ в два раза меиьше, чем иа входе триггера $Л_2$, $Л_3$, то реле P_2 срабатывает через один такт работы реле P_1.

В опнсанном устройстве необходнмо прнменять реле с током срабатываиня не более 15—20 мА и двумя группами переключающнх контактов.

На рнс. 8-32, *б* показана схема аналогнчного устройства на транзнсторах. Частоту переключеннй можно нзмеиять в пределах от 0,2 до 10 с в первом случае с помощью резнстора R_1, во втором — R_2, R_4. Схемы возможных способов подключеиия елочных гирляид показаиы на рнс. 8-33, *а*, *б*.

ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ РЭА

РАЗДЕЛ 9

СОДЕРЖАНИЕ

9-1. ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА

Параметры гальванических элементов и батарей

Начальное напряжение $U_{нач}$ — разность потенциалов между выводами (зажимами) свежеизготовленного, не бывшего в употреблении элемента (батареи) при нагрузке его на внешнюю цепь, обладающую сопротивлением $R_н$, установленным ГОСТ или ТУ на данный тип элемента или батареи (см. табл. 9-1 и 9-2). При увеличении сопротивления внешней цепи (уменьшении разрядного тока) начальное напряжение элемента (батареи) увеличивается, а при уменьшении сопротивления (увеличении разрядного тока) уменьшается.

Гальванические элементы и батареи считают свежеизготовленными в течение 30 сут после их выпуска с завода-изготовителя (год и месяц изготовления обозначен на каждом изделии).

Начальная э. д. с. $E_{нач}$ — разность потенциалов между выводами (зажимами) свежеизготовленного, не подвергавшегося разряду элемента (батареи) в отсутствие нагрузки.

Для марганцево-цинкового элемента $E_{нач} \approx 1{,}6$ В, для ртутно-цинкового — 1,35 В.

Продолжительность работы $t_{раб}$ — время, в течение которого напряжение элемента (батареи), разряжаемого на внешнюю цепь с заданным сопротивлением $R_н$, уменьшается до некоторого значения $U_{кон}$, называемого *конечным напряже-*

Таблица 9-1

Марганцево-цинковые сухие элементы и батареи

Наименование	$U_{нач}$, В	$t_{хран}$, мес	Номинальный непрерывный режим разряда				Номинальный прерывистый режим разряда				Размеры, мм, не более	Масса, г, не более
			$R_н$, Ом	$U_{кон}$, В	$t_{раб}$, ч		$R_н$, Ом	$U_{кон}$, В	$t_{раб}$, ч			
					свежеизгот.	в конце срока хранения			свежеизгот.	в конце срока хранения		
Элементы цилиндрические												
286 (R03)	1,48	3	200	1,0	20	16	300	0,90	72	48	Ø 10×44	10
314 (R4)	1,52	6	200	1,0	38	30	300	0,90	75	60	Ø 14×38	15
316 (R6)	1,52	9	200	1,0	60	48	300	0,90	180	100	Ø 14×50	20
316 ВЦ «Сапфир» (R6)	1,35		—	—	—	—	75	0,90	200	—	Ø 14×50	20
332 (R10) (1,3 ФМЦ-0,25)	1,40	6	20	0,85	6	4,8	5	0,75	1,6	1,3	Ø 22×37	30
336 (R12)	1,40	6	20	0,85	10	7,0	5	0,75	6,5	2,8	Ø 20×58	45
343 (R14)	1,55	18	20	0,85	12	9,0	5	0,75	5,0	3,3	Ø 26×49	52
373 (R20) «Марс»	1,55	18	20	0,85	40	28	5	0,75	18,0	11,5	Ø 34×61	115
374 (R22)	1,55	18	20	0,85	50	35	5	0,75	21,5	12,0	Ø 34×75	130
376 (R25)	1,55	18	20	0,85	65	45,5	5	0,75	28,0	18,5	Ø 34×91	165
425	1,48	15	20	0,85	144	100	5	0,75	—	—	Ø 40×100	235
465	1,50	18	20	0,85	495	340	5	0,75	—	—	Ø 51×125	500

Продолжение табл. 9-1

Наименование	$U_{нач}$, В	$t_{хран}$, мес	Номинальный непрерывный режим разряда				Номинальный прерывистый режим разряда				Размеры, мм, не более	Масса, г, не более
			$R_н$, Ом	$U_{кон}$, В	$t_{раб}$, ч: свежеизгот.	$t_{раб}$, ч: в конце срока хранения	$R_н$, Ом	$U_{кон}$, В	$t_{раб}$, ч: свежеизгот.	$t_{раб}$, ч: в конце срока хранения		
Элементы прямоугольные												
045 (1,35 ТВМЦ-50)	1,30	15	10	0,70	520	300	—	—	—	—	57×57×132	600
076 (1,30 ТВМЦ-150)	1,30	15	5,0	0,70	750	500	—	—	—	—	82×82×176	1700
145Л (2С-Л-9)	1,48	12	20	0,85	160	130	—	—	—	—	42×42×102	300
145У (1,6 ПМЦ-У-8)	1,60	18	20	0,85	160	130	—	—	—	—	42×42×102	300
165Л (3С-Л-30)	1,50	21	20	0,85	550	400	—	—	—	—	57×57×132	700
165У (3С-У-30)	1,66	21	20	0,85	550	400	—	—	—	—	57×57×132	700
Батареи												
3336Л (3R12) (КБС-Л-0,50)	3,7	6	10	2,0	2,0	1,3	15	2,25	3,5	2,8	63×22×67	150
3336У (3R12) (КБС-Х-0,70)	4,1	6	10	2,0	3,0	2,0	15	2,25	3,5	2,8	63×22×49	150
«Рубин-1»	4,1	9	—	—	—	—	100		180		62×21×63	150
«Рубин-2»	4,0	9	—	—	—	—	15		20		62×21×63	150
«Крона ВЦ»	9,0	6	—	—	—	—	300		80		16×26×48,5	40

Примечания: 1. Элемент 316ВЦ, батареи «Рубин-1», «Рубин-2» и «Крона ВЦ» со щелочным, остальные — с солевым электролитом.

2. В скобках указаны соответствующие обозначения типоразмеров элементов и батарей по номенклатуре МЭК и прежние обозначения.

3. Для элементов 286, 314, 316, 326 $U_{нач}$ нормируется при $R_н$=50 Ом, для элементов 332, 336, 343, 373, 374, 376 — при 10 Ом, в элементов и батарей остальных типов — при значениях $R_н$, указанных для режима непрерывного разряда.

4. Цилиндрические элементы 286, 314 и 316 испытывают на продолжительность работы в режиме прерывистого разряда ежедневно по 12 ч. Цилиндрические элементы остальных типов испытывают 5 дней в неделю, причем элементы 332 — по 5 мин в сутки, элементы 336 и 343, а также батареи 3336Л, 3336Х и «Рубин-2» — по 10 мин в сутки; элементы 373, 374, 376 — по 30 мин в сутки; элементы 316ВЦ, батареи «Рубин-1» и «Крона ВЦ» — по 4 ч в сутки.

нием. Напряжение $U_{кон}$ при заданном сопротивлении $R_н$ и режим разряда — непрерывный или прерывистый — регламентирует ГОСТ или ТУ на элемент (батарею) каждого данного типа.

Таблица 9-2

Сухие ртутно-цинковые элементы

Наименование	$U_{нач}$, В	$t_{хран}$, мес	Испытательный режим непрерывного разряда			Размеры, мм, не более	Масса, г, не более
			$R_н$, Ом	$t_{раб}$, ч *			
				при 20—50 °С	при 0 °С		
РЦ53	1,25	12	120	24	8	⌀ 15,6×6,3	4,6
РЦ55	1,22	30	120	50	15	⌀ 15,6×12,5	9,5
РЦ63	1,25	18	60	27	12	⌀ 21×7,4	10
РЦ65	1,22	30	60	53	15	⌀ 21×13	18
РЦ73	1,25	18	40	32	12	⌀ 25×8,4	17
РЦ75	1,22	30	40	55	15	⌀ 25×13	27
РЦ82Т	1,25	18	25	35	12	⌀ 30×9,0	30
РЦ83	1,25	18	25	35	12	⌀ 30×9,0	28
РЦ85	1,22	30	25	55	15	⌀ 30×14	39
РЦ85У	1,22	18	25	55	—	⌀ 30×14	39

* Указано значение $t_{раб}$ при $t_{окр} = 20 \div 50$ °С (для РЦ82Т — до 70 °С) при разряде до $U_{кон} = 1$ В и при $t_{окр} = 0$ °С до $U_{кон} = 0{,}9$ В. Приведенные значения $t_{раб}$ гарантируются в течение 12 мес со времени изготовления элементов (для элементов РЦ53 в течение 6 мес). В конце указанного в таблице гарантийного срока хранения $t_{хран}$ (12, 18 или 30 мес) $t_{раб}$ уменьшается не более чем на 10%.

При разряде элемента (батареи) на внешнюю цепь с меньшим сопротивлением (бо́льшим током) продолжительность его работы уменьшается.

Номинальный режим разряда определяется разрядным сопротивлением (током) и конечным напряжением.

На рис. 9-1 приведены разрядные кривые для элемента 373. Сплошные линии соответствуют непрерывному разряду, а штриховые — прерывистому (при испытаниях по 4 ч в сутки).

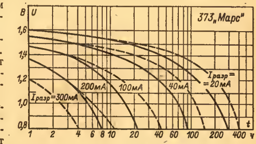


Рис. 9-1.

Гарантийный срок хранения $t_{хран}$ — время со дня выпуска элемента (батареи) заводом, в течение которого элемент (батарея), находясь в бездействующем состоянии, может проработать определенное время. Месяц, обозначенный на изделии, при исчислении гарантийного срока не учитывается.

Теплостойкость и хладостойкость элементов и батарей. Верхний предел рабочей температуры окружающей среды $t_{окр}$ для гальванических элементов ограничен. Указанная в табл. 9-2 и 9-3 продолжительность работы $t_{раб}$ цилиндриче-

ских марганцево-цинковых элементов всех типов и прямоугольных элементов 145Л, 145У, 165Л, 165У гарантируется при $t_{окр} = 15 \div 60°$ С, элементов 045, 046 при $t_{окр} = 10 \div 40°$ С, батарей 3336Л и ртутно-цинковых элементов всех типов при $t_{окр} = 0 \div 50°$ С (РЦ82Т — до 70° С), батарей 3336Х — до 40° С.

При пониженной температуре гальванические элементы и батареи разряжаются до $U_{кон}$ быстрее, чем при нормальной. Гарантируемая продолжительность работы цилиндрических марганцево-цинковых элементов всех типов при $t_{окр} = -40$ °С снижается не более чем в 10 раз, элементов 145У — в 2,6 раза и элементов 165У — в 5 раз. Гарантируемая продолжительность работы элементов 145Л и 165Л при температуре минус 17° С уменьшается в 2,6 и 5 раз соответственно. Продолжительность работы батарей 3336Л при температуре минус 10°С и 3336Х при минус 20° С в 3—4 раза меньше, чем в нормальных условиях. Для элементов и батарей остальных типов продолжительность работы при низких температурах не оговорена.

Параметры аккумуляторов

Номинальное напряжение — напряжение на зажимах свежезаряженного аккумулятора в начале его разряда током, значение которого устанавливается ГОСТ или ТУ.

Номинальное напряжение каждого элемента малогабаритных никель-кадмиевых аккумуляторов равно 1,25 В и гарантируется в течение первых 5 мин разряда.

Таблица 9-3

Малогабаритные никель-кадмиевые аккумуляторные элементы и батареи

Тип элемента	$C_{ном}$, А·ч	$I_{макс. разр}$, мА	Номинальный режим заряда		Размеры, мм, не более	Масса, г, не более
			$I_{ном. з}$, мА	$t_з$, ч		
			Дисковые			
Д-0,06	0,06	12	6	15	⌀ 15,7 × 6,5	4
Д-0,1	0,10	20	12	15	⌀ 20 × 7,0	7
Д-0,25	0,25	130	20	19	⌀ 27 × 10	14
			Цилиндрические			
ЦНК-0,2	0,20	40	20	15	⌀ 14 × 25	13
ЦНК-0,45	0,45	90	45	15	⌀ 14 × 50	25
ЦНК-0,85	0,85	170	85	15	⌀ 14 × 91	47
10НКГ-1,5	1,5	450	160	10	150 × 85 × 62	1500

Примечания: 1. Указанные в таблице $C_{ном}$ соответствуют режиму разряда при $t = 15 \div 35$ °С в течение 10 ч током, численно равным 0,1 номинальной емкости, до конечного напряжения 1 В на элемент. Если аккумулятор разряжать при $t = -10$ °С, емкость может снизиться до 60% от ее номинального значения при $t = 20$ °С.

2. Допускается уменьшение зарядного тока на 50% при условии соответствующего увеличения продолжительности заряда.

3. Допускается увеличение времени заряда на 50%.

4. При разряде элемента Д-0,1 током более 15 мА емкость его может снизиться до 0,08 А·ч. Допускаются мгновенные значения разрядного тока до 60 мА.

5. Для элемента Д-0,25 указано предельно допустимое значение разрядного тока при разряде в течение 1 ч до конечного напряжения 0,7 В. Допускается начальный ток 175 мА, уменьшающийся до 90 мА в конце разряда.

Номинальная емкость аккумулятора $C_{ном}$ — количество электричества, которое отдает полностью заряженный аккумулятор при разряде его номинальным током до обусловленного ГОСТ или ТУ конечного разрядного напряжения; измеряется в ампер-часах [А·ч].

Номинальный разрядный ток $I_{разр}$ — указанное в ГОСТ или ТУ значение тока, при разряде которым при нормальной температуре ($t_{окр} = 20°$ С) определяют емкость аккумулятора. Для большинства аккумуляторов номинальный разрядный ток в амперах численно равен 0,1 значения номинальной емкости, выраженной в ампер-часах.

Если разряд аккумулятора производить с большими перерывами, то его фактическая емкость будет меньше номинальной, даже если разрядный ток равен номинальному или меньше его. Последнее объясняется саморазрядом аккумулятора в интервалах между подключениями к нему нагрузки.

Конечное разрядное напряжение $U_{кон}$ — напряжение на зажимах аккумулятора, при достижении которого дальнейший разряд должен быть прекращен. Невыполнение этого условия приводит к снижению емкости аккумулятора при последующих циклах заряд—разряд.

Стандартный режим заряда определяется указанными в ГОСТ или ТУ значением зарядного тока $I_з$ и продолжительностью заряда $t_з$; после такого заряда исправный аккумулятор накапливает количество электричества, соответствующее его номинальной емкости. Основные параметры аккумуляторных элементов и батарей сведены в табл. 9-3, 9-4.

Таблица 9-4

Малогабаритные никель-кадмиевые аккумуляторные батареи

Тип батареи	$C_{ном}$, А·ч	Номинальный режим разряда		Номинальный режим заряда		Размеры, мм, не более	Масса, г, не более
		$I_{разр}$, мА	$U_{кон}$, В	$I_з$, мА	$U_{кон.з}$, В		
7Д-0,1	0,10	10—20	7,0	10	8,5—11,0	⌀ 24 × 62	55
10Д-0,25	0,25	25—50	10,0	20	12,0—15,7	⌀ 82 × 109 × 10	200
3ЦНК-0,2	0,20	20—40	3,0	20	3,6—4,8	⌀ 16 × 74	40
11ЦНК-0,45	0,45	45—90	11,0	45	13,0—17,5	⌀ 39 × 57 × 112	350

Примечания: 1. Число в начале обозначения типа батареи указывает количество последовательно соединенных элементов, а число в конце обозначения — ее номинальную емкость [А·ч].

2. Напряжение в конце заряда указано ориентировочно (не является контрольным параметром при заряде). Нормальное время заряда для батареи 10Д-0,25, разряженной до конечного напряжения, равно 19 ч; для батарей остальных типов — 15 ч. Если на заряд ставится частично разряженная батарея, продолжительность заряда должна быть такой, чтобы она получила количество электричества, равное 120—150% заряда, отданного батареей при предыдущем разряде.

9-2. ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ВЫПРЯМИТЕЛИ

Выбор схемы выпрямителя

В устройствах питания РЭА от электросетей переменного тока и в транзисторных статических преобразователях напряжения применяют преимущественно выпрямители на полупроводниковых диодах, к которым непосредственно подключают конденсаторы, используемые в качестве накопителей электрической энергии.

Одиофазный выпрямитель (рис. 9-2) целесообразно применять, если выпрямленный ток не превышает нескольких миллиампер, например для питания анодов электронно-лучевых трубок или для создания отрицательного смещения на управляющих сетках электронных ламп; при больших мощностях к. п. д. его неудовлетворителен.

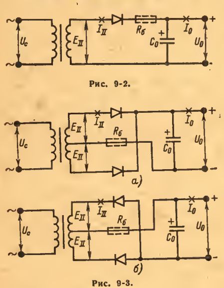


Рис. 9-2.

Рис. 9-3.

Двухполупериодные выпрямители. Для получения выпрямленного тока более 10 мА применяют двухполупериодные выпрямители, выполненные по двухфазной (рис. 9-3) или по мостовой однофазной схеме (рис. 9-4). Основное преимущество этих выпрямителей по сравнению с выпрямителями по схеме на рис. 9-2 — бóльшая частота пульсации, что позволяет уменьшить емкость конденсатора C_0 и габариты трансформатора питания.

Для выпрямителя, питающего транзисторную аппаратуру, потребляющую выпрямленный ток мощностью не более 25—30 Вт, можно выбрать любую из этих двух схем. Преимущество мостовой схемы в том, что вторичная обмотка трансформатора питания имеет вдвое меньшее число витков, чем в случае двухфазной схемы, но при этом число диодов равно четырем. Для двухфазной схемы понадобится только два диода, однако придется увеличить вдвое число витков вторичной обмотки трансформатора.

Если же требуется бóльшая мощность выпрямленного тока, целесообразно применять выпрямитель по мостовой схеме (она широко известна под названием схемы Греца), т. к. при такой же мощности выпрямленного тока меньше размеры трансформатора.

Рис. 9-4.

В выпрямителях по мостовой однофазной схеме используют выпрямительные столбы серий КЦ401—КЦ407 из кремниевых диодов (см. § 12-12). Столбы включают в выпрямитель согласно имеющимся на них обозначениям.

Рис. 9-5.

Выпрямители на два выходных напряжения. При наличии вывода от средней точки вторичной обмотки трансформатора питания от выпрямителя по мостовой схеме можно получить дополнительно выпрямленное напряжение U'_0 (рис. 9-5) с такой же полярностью, как и основное, но в два раза меньше. В создании основного выпрямленного напряжения участвуют все четыре плеча моста, а дополни-

тельное напряжение получают от двухфазного выпрямителя, в котором работают только два плеча моста (диоды $Д_1$ и $Д_3$).

Для получения двух напряжений одинаковой полярности относительно общего провода применяют также схему, представленную на рис. 9-6, *а*, содержащую два мостовых выпрямителя, выходы которых соединены последовательно.

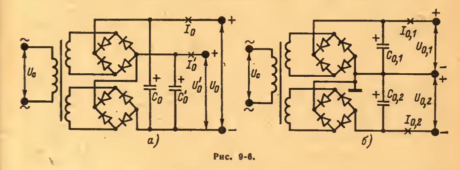


Рис. 9-6.

На рис. 9-6, *б* приведена схема выпрямителя с двумя однофазными мостами, с помощью которой можно получить два напряжения различной полярности относительно общего провода. Такое устройство применяют в ламповых передатчиках: один мост выпрямляет напряжение для питания цепей анодов и экранирующих сеток, а другой — для смещения на управляющие сетки.

Выпрямители с удвоением напряжения (рис. 9-7) выгодны тем, что с их помощью можно получать выпрямленные напряжения, значения которых существенно больше действующего значения переменного напряжения на вторичной обмотке трансформатора питания. От выпрямителя по схеме на рис. 9-7, *а* можно получить без применения делителей напряжения два напряжения, причем $U_0' \approx 0{,}5\ U_0$.

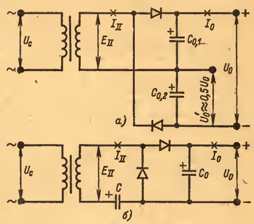


Рис. 9-7.

Балластные резисторы. При заряде конденсаторов для ограничения аномально больших импульсов токов через диоды последовательно с диодами иногда включают балластные резисторы $R_б$ (см. рис. 9-2—9-4). Балластные резисторы можно использовать и для уменьшения выпрямленного напряжения.

Шунтирование диодов резисторами. При выпрямлении напряжений в несколько сотен вольт иногда приходится составлять каждое плечо выпрямительной цепи из двух или бóльшего числа последовательно соединенных диодов. Такая цепь имеет бóльшее допускаемое обратное напряжение. Равномерное распределение обратного напряжения между диодами цепочки можно получить только при подключении параллельно каждому из диодов резисторов с одинаковыми сопротивлениями. При невыполнении этого требования диоды могут быть пробиты.

Особенности применения конденсаторов в высоковольтных выпрямителях. В выпрямителях с выходными напряжениями более 400 В, предназначенных, например, для питания передатчиков, применяют металлобумажные и бумажные конденсаторы либо включают последовательно по два или более электролитических конденсатора (электролитические конденсаторы с номинальными напряжениями выше 450 В не изготавливают). В последнем случае необходимо обеспечить равномерное распределение постоянного напряжения между конденсаторами, шунтируя каждый из них резисторами с одинаковыми сопротивлениями (см. формулу на стр. 455).

Расчет выпрямителей

При конструировании выпрямителя для питания РЭА, требующей напряжения нескольких значений, но одной полярности, выпрямитель часто рассчитывают на большее из требуемых напряжений, а каждое из меньших получают путем гашения части выпрямленного напряжения на последовательных резисторах *RC*-фильтра.

Исходные данные для расчета: 1) постоянная составляющая выпрямленного тока I_0, равная сумме токов, потребляемых всеми нагрузками (каскадами питаемого устройства); 2) требуемые напряжения питания нагрузки; 3) допустимый коэффициент пульсации v_0 напряжения на конденсаторе C_0 (в схеме на рис. 9-7, *а*— на последовательно соединенных конденсаторах), т. е. отношение амплитуды переменной составляющей выпрямленного напряжения к его постоянной составляющей U_0. Практически при расчете выпрямителя с выходным напряжением меньше 50 В целесообразно принимать $v_0 < 0{,}05$, при напряжении 50—150 В $v_0 \leqslant 0{,}04$ и при 150—300 В $v_0 \leqslant 0{,}02$.

Порядок расчета:

1. Выбор значения выпрямленного напряжения U_0 по известному напряжению на нагрузке выпрямителя $U_н$ (напряжении питания РЭА) можно проводить на основе следующих рекомендаций. Если часть нагрузки выпрямителя, требующая наибольшего напряжения (например, коллекторная или анодная цепь оконечного каскада усилителя, приемника, передатчика), будет получать напряжение питания непосредственно с конденсатора C_0 (рис. 9-3 — 9-5), $U_н$ принимают равным U_0; если же эта часть нагрузки будет подсоединена к выпрямителю через ячейку сглаживающего фильтра *RC*-типа (рис. 9-15, *а*), то следует принимать $U_0 = (1{,}1 \div 1{,}25)\ U_н$, а при питании через ячейку фильтра *LC*-типа $U_0 = (1{,}03 \div 1{,}1)\ U_н$.

2. Выбор типа диодов производят исходя из следующих соображений: обратное напряжение на каждом из диодов не должно превышать максимально допустимого значения даже при наибольшем значении напряжения питающей электросети и при наибольшем выпрямленном напряжении, которое получается при отключении нагрузки от выпрямителя; для выпрямителей по схемам на рис. 9-2, 9-3 и 9-7, *б* это условие выполняется, если $U_{обр.\,и.\,макс} \geqslant 3{,}4\ U_0$, и для выпрямителей по схемам на рис. 9-4, 9-5 и 9-7, *а*, когда $U_{обр.\,и.\,макс} \geqslant 1{,}7\ U_0$.

При отсутствии диодов, удовлетворяющих этим условиям, в каждое плечо выпрямителя включают последовательно *m* диодов.

Для выпрямителей по схемам на рис. 9-2, 9-3 и 9-7, *б*

$$m = 4U_0/U_{обр.\,и.\,макс}$$

и для выпрямителей по схемам на рис. 9-4 и 9-7, *а*

$$m = 2U_0/U_{обр.\,и.\,макс}.$$

Вместе с тем диоды в выпрямителях по схемам на рис. 9-2, 9-7 должны удовлетворять условию $I_{вп.\,ср.\,макс} \geqslant 1{,}6 I_0$, в выпрямителях по схемам на рис. 9-3 и 9-4 $I_{вп.\,ср.\,макс} \geqslant 0{,}8 I_0$, а в выпрямителе по схеме на рис. 9-5 диоды $Д_2$ и $Д_4$ $I_{вп.\,ср.\,макс} \geqslant 0{,}8\,(I_0 + I_0')$.

Значения параметров $U_{обр.\,и.\,макс}$ и $I_{вп.\,ср.\,макс}$ для диодов различных типов приведены в табл. 12-53 и 12-54.

3. Прямое сопротивление диода в омах определяют по формуле

$$r_д \approx U/I_0,$$

где U — падение напряжения на диоде, равное 0,15 В для выпрямителей, выполненных по схемам на рис. 9-2 и 9-7 при использовании в них германиевых диодов, и 0,25 В при использовании кремниевых диодов; для выпрямителей, выполненных по схемам на рис. 9-3 и 9-4 при использовании германиевых диодов $U = 0{,}3$ В и при использовании кремниевых диодов $U = 0{,}5$ В; ток, подставляемый в последнюю формулу, должен быть выражен в амперах. Сопротивления и мощности рассеяния резисторов, шунтирующих последовательно включенные диоды, можно найти в табл. 9-5.

4. Вычислив значения мощности тока на входе сглаживающего фильтра $P_0 = U_0 I_0$ и сопротивление нагрузки выпрямителя $R_0 = U_0/I_0$, находят приведенное сопротивление трансформатора $r_т$ по формуле (1а) из табл. 9-6, если трансформа-

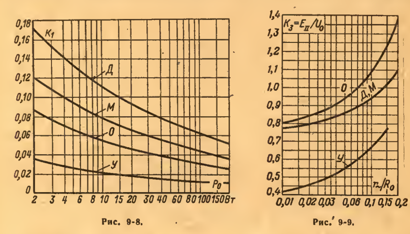


Рис. 9-8. Рис. 9-9.

тор двухобмоточный или по формуле (1б), если на трансформаторе должны быть дополнительные обмотки, с которых будет сниматься суммарная мощность переменного тока $P_\sim$.

5. Сопротивление цепи диодов переменному току вычисляют по формуле (2) из табл. 9-6.

6. По отношению $r_\sim/R_0$ с помощью графика на рис. 9-9 находят вспомогательный коэффициент K_3 и определяют по формуле (3) э. д. с. вторичной обмотки трансформатора E_{II}.

7. Действующее значение тока вторичной обмотки трансформатора определяют по формуле (4); для выпрямителя по схеме на рис. 9-5 значение I_{II} равно сумме токов, вычисленных по формулам (4) для схем выпрямителей на рис. 9-3 и 9-4 с подстановкой в них значений выпрямленных токов соответствующих выходных цепей выпрямителя.

8. Номинальное напряжение электролитического конденсатора C_0 должно быть не менее вычисленного по формуле (5). При использовании конденсаторов К50-7 с $U_{ном} \leqslant 400$ В принимаем в этой формуле коэффициент 1,3, а при использовании конденсаторов всех других типов и номинальных напряжений — 1,5. Если $E_{II} \geqslant 300 \div 350$ В (соответственно для выпрямителя без удвоения напряжения $U_0 \geqslant 350 \div 400$ В и для выпрямителя с удвоением напряжения $U_0 \geqslant 700 \div 800$ В), то следует применить металлобумажный или бумажный кон-

Таблица 9-5

Параметры резисторов для шунтирования диодов*

Тип диода	Номинальная мощность резистора, Вт	Сопротивление резистора, кОм	Тип диода	Номинальная мощность резистора, Вт	Сопротивление резистора, кОм
Д7Е	0,25	68	Д226В	0,25	68
Д7Ж	0,25	82	Д226Г	0,25	47
Д229В	0,25	68	Д226Д	0,125	27
Д229Г	0,25	120	КД103А, —Б	0,25	680
Д229Д	0,5	180	КД105А	0,25	270
Д229Е	0,5	270	КД105Б	0,5	470
Д226Б	0,25	82			

* При $t_{окр} \leqslant 50$ °С для диодов Д7А—Д7Ж и Д226Б—Д226Д, при $t_{окр} \leqslant 85$ °С — для диодов остальных типов.

Таблица 9-6

К расчету выпрямителей на полупроводниковых диодах

Параметр	Соотношения для схем по рис.				Номер формулы
	9-2	9-3	9-4	9-7	
$r_т$, Ом	K_1R_0				(1а)
	$0{,}5K_1R_0\left(1+\dfrac{K_2P_0}{K_2P_0+P_\smile}\right)$				(1б)
K_1	Согласно номограмме на рис. 9-8*				
K_2	2,3	1,1	1,6	1,6	
r, Ом	$mr_д+r_т+R_б$		$2mr_д+r_т+R_б$	$mr_д+r_т+R_б$	(2)
E_{II}, В	K_3U_0 (K_3 согласно номограмме на рис. 9-9*)				(3)
I_{II}, А	$2{,}3I_0/K_3$	$1{,}1I_0/K_3$	$1{,}6I_0/K_3$	$1{,}6I_0/K_3$	(4)
$U_{ном}$, В, не менее	$(1{,}3 \div 1{,}5)\,E_{II}$				(5)
n не менее	$(1{,}3 \div 1{,}5)\,E_{II}/U_{ном}$				(6)
C_0, мкФ, не менее	$\dfrac{7500n}{R_0v_0}$	$\dfrac{3200}{R_0v_0}$	$\dfrac{3200n}{R_0v_0}$	$\dfrac{15\,000n}{R_0v_0}$	(7)

* Кривые *Д*, *М* на рис. 9-8, 9-9 относятся к двухфазному и мостовому однофазному, *О* — к однофазному выпрямителю, *У* — к выпрямителю с удвоением напряжения.

денсатор с $U_{\text{ном}} \geqslant 1,4\ E_{II}$, так как электролитические конденсаторы на напряжение более 400—450 В не выпускают. В этих случаях возможно также применить несколько последовательно включенных электролитических конденсаторов, число которых n определяется формулой (6). В последнем случае каждый конденсатор нужно шунтировать резистором, сопротивление которого в килоомах определяют по формуле

$$R = (3000 \div 4000)/C_{\text{ном}},$$

где $C_{\text{ном}}$ — в микрофарадах.

Выбираем резистор с ближайшим номинальным сопротивлением.

9. Чтобы коэффициент пульсаций напряжения на конденсаторе C_0 не превышал значения v_0, он должен иметь емкость не менее вычисленной по формуле (7).

9-3. ТРАНСФОРМАТОРЫ ПИТАНИЯ

Схемы трансформаторов

Первичные обмотки трансформаторов питания, предназначенных для включения в электросеть с различными напряжениями, выполняют из нескольких секций, которые соединяют между собой последовательно или параллельно в зависимости от напряжения электросети и схемы трансформатора.

Переключатель секций первичной обмотки часто выполняют в виде октальной ламповой панели, к гнездам которой подпаивают выводы от секций, и съемной ко-

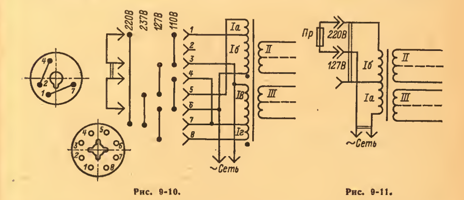


Рис. 9-10. Рис. 9-11.

лодки, подобной цоколю электронной лампы, с четырьмя попарно соединенными между собой штырьками. Вставляя колодку в панель в различных положениях, получают необходимые комбинации соединений секций первичной обмотки (рис. 9-10). Переключение секций первичной обмотки по схеме на рис. 9-11 осуществляют перестановкой плавкого предохранителя *Пр* из одного держателя в другой (либо однополюсным переключателем).

Для ослабления помех, которые могут проникнуть из электросети в питаемую РЭА, вторичные обмотки отделяют от первичных экраном, который уменьшает емкость между обмотками. Экран чаще всего выполняют в виде одного слоя намотки из изолированного провода диаметром 0,2—0,5 мм, один из его концов соединяют с корпусом (шасси) выпрямителя.

Конструкции обмоток и каркасов для них описаны в § 12-7.

Расчет трансформаторов питания

При расчете трансформатора выбирают размеры магнитопровода, диаметры проводов для намотки и определяют числа витков каждой из обмоток. Изменением размеров окна и сечения магнитопровода можно получить ряд вариантов конструкции одного и того же трансформатора. В радиолюбительских условиях при расчете трансформатора зачастую приходится исходить из наличия имеющегося магнитопровода или пластин для его сборки.

Коэффициент полезного действия трансформатора $\eta_т$ — отношение суммы электрических мощностей, снимаемых со всех вторичных обмоток трансформатора, к мощности, поступающей на него из сети. Трансформаторы питания с магнитопроводами из обычной трансформаторной стали (см. § 12-7) при полной нагрузке имеют следующие ориентировочные значения к.п. д.:

Трансформируемая мощность, В · А	К. п. д.
10—20	0,65—0,75
20—50	0,70—0,80
50—100	0,75—0,85
100—200	0,82—0,88
200—500	0,85—0,90
500—1000	0,90—0,95

Типовая мощность трансформатора $P_т$ равна полусумме полных мощностей всех обмоток трансформатора; выражается она в вольт-амперах. Значения типовых мощностей $P_т$, приводимые в табл. 12-29 и 12-30, 12-31, соответствуют частоте питающего тока 50 Гц и указанным в этих же строках таблиц плотностям тока J, при которых температура перегрева обмоток не превышает 55° С.

Порядок расчета:

1. Определяют типовую мощность трансформатора [В·А]:

$$P_т = K_4 E_{II} I_{II} / \eta_т$$

и мощность, потребляемую от электросети при полной расчетной нагрузке выпрямителя:

$$P_с = K_5 E_{II} I_{II} / \eta_т.$$

Для выпрямителя по двухфазной схеме (рис. 9-3) $K_4 = 1,7$ и $K_5 = 1,4$, а для выпрямителей по всем другим приведенным схемам $K_4 = K_5 = 1$.

Если трансформатор должен иметь дополнительные обмотки, используемые в качестве вторичных источников переменного тока, от которых потребляется мощность $P_\sim$, значения $P_т$ и $P_с$ нужно увеличить на $P_\sim/\eta_т$.

2. Выбрав по табл. 12-29, 12-30 или 12-31 магнитопровод с типовой мощностью не менее вычисленной, находим по этим таблицам значения э. д. с. $E^{(1)}$ на 1 В и среднюю плотность тока в обмотках J.

3. Число витков секций первичной обмотки трансформатора по схеме на рис. 9-10

$$w_{Iа} = w_{Iг} = 17/E^{(1)}; \quad w_{Iб} = w_{Iв} = 110/E^{(1)};$$

расчетное значение тока во всех секциях

$$I_{Iа} = I_{Iб} = I_{Iв} = I_{Iг} = P_с/220.$$

Число витков секций первичной обмотки трансформатора по схеме на рис. 9-11

$$w_{Iа} = 127/E^{(1)}; \quad w_{Iб} = 93/E^{(1)}$$

и расчетные токи в секциях

$$I_{Iа} = P_с/127; \quad I_{Iб} = P_с/220.$$

4. Число витков обмотки, работающей на выпрямитель,

$$w_{II} = E_{II}/E^{(1)}$$

и число витков обмоток, используемых в качестве вторичных источников переменного тока,

$$w_n = \frac{U_n\,(1 + \Delta U_т)}{E^{(1)}},$$

где U_n — действующее значение напряжения на данной обмотке; $\Delta U_т$ — относительное падение напряжения на обмотках (см. табл. 12-29 — 12-31).

5. По известным токам в обмотках и взятой из соответствующей таблицы плотности тока $J_{ср}$ с помощью номограммы на рис. 12-39 определяем диаметры проводов обмоток. При этом, если первичная обмотка расположена внутри, рекомендуется на 30% снижать $J_{ср}$, соответственно увеличивая ее значение для внешних обмоток.

9-4. СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЯ

Выбор схемы преобразователя и конструкции магнитопровода трансформатора

Статические преобразователи — устройства, осуществляющие преобразование постоянного напряжения одной величины в переменное или постоянное напряжение другой величины без использования каких-либо подвижных частей. Здесь даются сведения по наиболее доступным для радиолюбителей преобразователям на транзисторах. С помощью преобразователей от батарей или иных источников постоянного тока низкого напряжения (1,5—30 В) получают переменные несинусоидальные напряжения с бо́льшими амплитудами. Выпрямив такое напряжение, получают более высокие постоянные напряжения.

В простейшем преобразователе переменное напряжение вырабатывает релаксационный транзисторный автогенератор с трансформаторной обратной связью, выпрямление осуществляется полупроводниковым диодом (диодами), а уменьшение пульсаций выпрямленного напряжения — сглаживающим фильтром. Транзисторы переключаются из состояния «заперт» в состояние «отперт» и обратно с частотой от нескольких сотен до тысяч герц.

Коэффициент полезного действия транзисторного преобразователя при напряжении батареи 4—10 В равен 0,6—0,7, а при напряжении 12—30 В достигает 0,75—0,9.

Преобразователь с однотактным автогенератором применяют для повышения напряжения постоянного тока мощностью 1—2 Вт. В зависимости от полярности включения выпрямительного диода *Д* конденсатор C_0 заряжается, когда транзистор отперт, либо когда он заперт. Первый режим (включение диода в полярности, показанной на рис. 9-12, *а, б*) выгоднее, так как при прочих равных условиях позволяет получить примерно вдвое большую мощность, чем при включении диода в противоположной полярности.

С делителя напряжения R_1R_2 на базу транзистора подается начальное смещение, облегчающее установление режима автогенерации при включении питания.

Преобразователи с двухтактным автогенератором (рис. 9-13 и 9-14) применяют при мощностях порядка десятков ватт. В них используют транзисторы большой мощности на теплоотводах. Напряжение, получаемое на обмотке *II*, преобразуется в пульсирующее напряжение выпрямителем, выполненным по однофазной мостовой схеме.

Трансформатор преобразователя с двухтактным автогенератором имеет меньший размер, чем трансформатор в однотактном генераторе. Однако при входном напряжении ниже 5 В и мощности менее 10 Вт однотактный генератор, как содер-

жащий один транзистор, предпочтительнее. При напряжениях $U_0 \geqslant 1$ кВ и малых токах однотактные автогенераторы также более целесообразны.

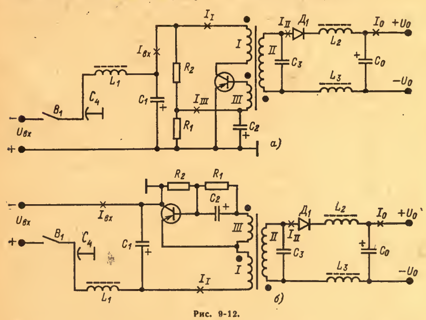


Рис. 9-12.

При напряжении батареи до 12—15 В как однотактные, так и двухтактные автогенераторы целесообразно выполнять по схеме с ОК (рис. 9-12, *б* и 9-14).

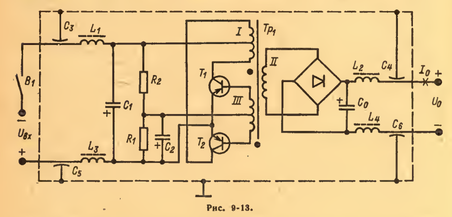


Рис. 9-13.

Преобразователь с двухтактным автогенератором по схеме на рис. 9-14 более удобен, так как коллекторы транзисторов соединены между собой и их можно монтировать на общем радиаторе (шасси), не изолируя один от другого и от радиатора.

При большем напряжении батареи имеют преимущество двухтактные автогенераторы по схеме с ОЭ (рис. 9-13).

Вследствие несинусоидальности токов в цепях преобразователей создаются помехи радиоприему в широком спектре частот (до 30 МГц). Помехи эти устраняют экранированием преобразователей и включением в их входные и выходные цепи фильтров, состоящих из высокочастотных дросселей L_1, L_2, L_3 индуктивностью по 40—60 мкГ и конденсаторов, имеющих малую внутреннюю индуктивность. Наиболее желательно применение проходных керамических конденсаторов (см. § 12-5). Соединительные провода следует выполнять возможно короче.

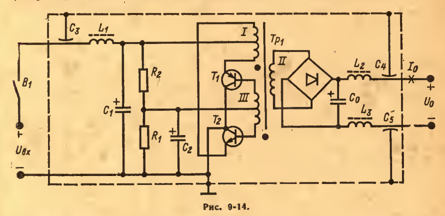


Рис. 9-14.

Магнитопроводы из электротехнических сталей применяют при частоте переключения $f \leq 1$ кГц. При этом допускают $B_m = 0{,}6 \div 0{,}8$ Т для наборного магнитопровода и 0,9—1 Т для витого.

При ферритовом магнитопроводе частоту переключений можно повысить до нескольких килогерц и тем самым уменьшить размеры трансформатора и емкости конденсаторов в сглаживающем фильтре. Для магнитопроводов из ферритов марок 2000НМ, 3000НМ принимают $B_m = 0{,}2 \div 0{,}3$ Т.

Порядок намотки трансформатора следующий: первой наматывают обмотку *I*, поверх ее обмотку *III* и наконец обмотку *II*. В преобразователях с двухтактными автогенераторами для уменьшения рассеяния магнитного потока половины обмотки *I* наматывают одновременно двумя проводами. Средняя точка обмотки *I* образуется соединением начала одного провода с концом другого. Подобным же образом наматывают и обмотку *III*.

Расчет преобразователя напряжения

Исходные данные для расчета: 1) постоянная составляющая полного тока нагрузки преобразователя I_0; 2) постоянная составляющая напряжения U_0 на конденсаторе C_0; если в преобразователь предполагается добавить сглаживающий фильтр (см. § 9-5), то U_0 выбирают с учетом падения напряжения на этом фильтре; 3) допустимый коэффициент пульсации v_0 напряжения на конденсатор C_0 (с учетом сглаживающего действия фильтра); 4) напряжение первичного источника питания (батарей) $U_{вх}$. Кроме того, нужно ориентировочно выбрать частоту переключения f, исходя из того, каков будет материал магнитопровода трансформатора.

Действующие напряжения обмоток оказываются равными амплитудным значениям, так как переменное напряжение на обмотке трансформатора преобразователя с двухтактным автогенератором практически имеет прямоугольную форму. Поскольку прямое сопротивление полупроводниковых диодов невелико, то при U_0

Таблица 9-7

К расчету транзисторных статических преобразователей напряжения

Параметр и единица измерения	Расчетные соотношения		Номер формулы
	Генератор однотактный, выпрямитель однофазный	Генератор двухтактный, выпрямитель по мостовой схеме	
$I_{Кн}$, А	$\frac{2{,}5 U_0 I_0}{(U_{вх} - U_{КЭ\,нас})\,\eta_т}$	$\frac{U_0 I_0}{(U_{вх} - U_{КЭ\,нас})\,\eta_т}$	(1)
$I_{Бн}$, А	$1{,}5 I_{К\,н}/h_{21Э}$		(2)
$P_{ср}$, Вт	$I_{К\,н}(U_{КЭ\,нас} + U_{вх}/10)$	$0{,}5 I_{К\,н}(U_{КЭ\,нас} + U_{вх}/10)$	(3)
S, см², не менее	$15\sqrt{\frac{U_0 I_0}{f B_m}}$	$10\sqrt{\frac{U_0 I_0}{f B_m}}$	(4)
w_I	$\frac{3000 U_{вх} - U_{КЭ\,нас}}{f B_m S}$	$\frac{2500 U_{вх} - U_{КЭ\,нас}}{f B_m S}$	(5)
w_{II}	$\frac{1{,}1 w_1 U_0}{U_{вх} - U_{КЭ\,нас}}$	$\frac{1{,}1 w_I U_0}{U_{вх} - U_{КЭ\,нас}}$	(6)
w_{III} ОЭ	$\frac{(2 \div 4)(U_{БЭ\,н} w_I)}{U_{вх} - U_{КЭ\,нас}}$		(7а)
w_{III} ОК	$\frac{(2 \div 4)(U_{БЭ\,н} + U_{вх})\,w_I}{U_{вх} - U_{КЭ\,нас}}$		(7б)
$I_I \approx I_{вх}$, А	$0{,}6 I_{К\,н}$	$0{,}7 I_{К\,н}$	(8)
I_{II}, А	I_0	$0{,}5 I_0$	(9)
I_{III}, А	$0{,}6 I_{Б\,н}$	$0{,}7 I_{Б\,н}$	(10)
C_0, мкФ, не менее	$\frac{2 \cdot 10^5 I_0}{f U_0 v_0}$	$\frac{2 \cdot 10^4 I_0}{f U_0 v_0}$	(11)
C_1, C_2, мкФ, не менее	$\frac{I_{вх} 10^5}{f U_{вх}}$		(12)
C_3, пФ	$\frac{53 \cdot 10^9 I_{К\,н} w_I^2}{(U_{вх} - U_{КЭ\,нас})\,w_{II}^2}$	—	(13)
R_1, Ом	$\frac{(3 \div 5)\,U_{БЭ\,н}}{I_{Б\,н}}$		(14)
R_2, Ом	$\left(\frac{U_{вх}}{U_{БЭ\,н}} - 1\right) R_1$		(15)

в несколько десятков нлн сотен вольт паденнем напряжеиия на диодах при расчете можно пренебречь и считать, что практически напряжение $U_0 \approx U_{II\,и}$.

Расчет преобразователя выполняют в следующем порядке:

1) определяют ток коллектора каждого транзистора в импульсе и значение средней рассеиваемой на нем мощности по формулам (1) и (3) из табл. 9-7 (произведение $I_К$ и $U_{вх}/10$ учитывает потери мощности на транзисторе при переключении для всех практических случаев с достаточным запасом);

2) выбирают транзистор, удовлетворяющий условиям

$$U_{КБ\,макс} \geqslant 2{,}5U_{вх};\ \ I_{К\,макс} \geqslant 2I_{К\,и};\ \ P_{К\,макс} \geqslant P_{ср}\ (\text{см. § 12-4});$$

3) взяв минимальный статический коэффициент передачи тока $h_{21\,Э}$ для выбранного транзистора, по формуле (2) определяют амплитуду импульса тока в цепи базы транзистора; она должна быть не больше максимально допустимого тока транзистора $I_{Б\,макс}$. В формулы (1), (3) и последующие можно подставлять следующие значения напряжения насыщения коллектора: для германиевых сплавных транзисторов $U_{КЭ\,нас} = 0{,}4 \div 0{,}5$ В, для германиевых сплавно-диффузионных $U_{КЭ\,нас} = 0{,}6 \div 0{,}7$ В, для германиевых конверсионных до 2 В и для кремниевых, изготовленных с применением диффузионной или планарной технологии, $U_{КЭ\,нас} = 2 \div 5$ В, если иные значения $U_{КЭ\,нас}$ не указаны в соответствующих таблицах § 12-14;

4) сечение магнитопровода трансформатора определяют по формуле (4) из табл. 9-7, а числа витков его обмоток по формулам (5)—(7). При расчете двухтактного генератора формулы (5), (7а), (7б) дают числа витков половины обмоток;

5) диаметры проводов обмоток трансформатора находят, исходя из токов, вычисленных по формулам (8)—(10);

6) необходимую емкость конденсатора C_0 определяют по формуле (11), принимая для электролитического конденсатора в преобразователе с однотактным автогенератором $v_0 \leqslant 2{,}5/f$, где частота переключения в герцах, а для бумажного или металлобумажного $v_0 \leqslant 0{,}05$ при $f \leqslant 1$ кГц и $v_0 \leqslant 0{,}02$ при $f > 1$ кГц; для преобразователя с двухтактным автогенератором допустимые значения v_0 уменьшаются вдвое;

7) определяют емкости конденсаторов C_1, C_2, C_3 и сопротивления резисторов R_1, R_2 по формулам (12)—(15);

8) расчет теплоотводящего радиатора для транзисторов производят, руководствуясь рекомендациями § 11-00.

Поскольку радиолюбителю известны только ориентировочные значения магнитных характеристик магнитопровода трансформатора, а частота колебаний автогенератора сильно зависит от них, рекомендуется измерить частоту изготовленного преобразователя и в формулы (11) и (12) подставить фактическое значение. Дальнейшее снижение пульсаций выпрямленного напряжения осуществляют как обычно сглаживающим *RC*- или *LC*-фильтром (на рис. 9-12—9-14 не показаны).

9-5. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

Выбор типа фильтра

Простейший однозвенный сглаживающий фильтр типа *RC* (рис. 9-15, *а*) или *LC* (рис. 9-15, *в*) применяют, когда весь выпрямленный ток должен иметь одну степень фильтрации.

Для питания многокаскадного усилителя, радиоприемника или передатчика требуются различные напряжения с различными коэффициентами пульсации $v_{доп}$ (табл. 9-8). Коллекторная (анодная) цепь выходного каскада обычно потребляет бо́льшую часть выпрямленного тока при наибольшем значении напряжения. Пульсации напряжения питания выходного каскада могут быть относительно

велики, так как возникающее в этом каскаде напряжение фона дальнейшему усилению не подвергается. Напряжение для питания коллекторной (анодной) цепи двухтактного оконечного каскада УНЧ можно снимать непосредственно с конденсатора (конденсаторов) C_0 (рис. 9-2—9-6) выпрямителя, если его емкость такова, что обеспечивает допустимые для такого каскада пульсации (см. табл. 9-8).

Рис. 9-15.

Входной и промежуточные каскады усилителя требуют меньших напряжений и потребляют меньшие токи питания. Первый каскад УНЧ и передатчика требует напряжения питания с тем меньшими пульсациями, чем больше усиление всех последующих каскадов, так как возникающее в первом каскаде напряжение фона усиливается всеми последующими каскадами. Для промежуточных каскадов допустимы напряжения питания с бо́льшими пульсациями, чем для первого каскада, но меньшими, чем для оконечного.

Пульсации напряжения питания могут создать паразитную амплитудную модуляцию в резонансных усилителях передатчиков.

Таблица 9-8

Допустимые коэффициенты пульсации напряжений питания $v_{доп}$

Назначение каскадов	$v_{доп}$*
*Приемно-усилительные устройства***	
Каскады УВЧ и УПЧ, преобразователи частоты, промежуточные каскады УНЧ	10^{-5}—10^{-3}
Входные каскады УНЧ приемников и электрофонов	10^{-6}—10^{-4}
Входные каскады УНЧ магнитофонов	10^{-7}—10^{-6}
Однотактные оконечные каскады УНЧ в режиме А и двухтактные в режимах В и АВ:	
а) анодные или коллекторные цепи	$5\cdot10^{-2}$—$2\cdot10^{-3}$
б) цепи экранирующих сеток	10^{-4}—10^{-3}
Двухтактные оконечные каскады УНЧ в режиме А	$5\cdot10^{-3}$—$5\cdot10^{-2}$
*Передатчики****	
Задающие генераторы	10^{-6}—10^{-5}
Промежуточные каскады УВЧ, умножения частоты и модуляторы	10^{-4}—$5\cdot10^{-3}$
Мощные усилительные линейные каскады	$5\cdot10^{-4}$—$5\cdot10^{-3}$

* Пульсацию выпрямленного напряжения с численным значением коэффициента пульсации свыше 10^{-2} считают большой, от 10^{-3} до 10^{-2} — средней и менее 10^{-3} — малой (ГОСТ 19157-73).

** Меньшие значения $v_{доп}$ соответствуют устройствам с более высокими качественными показателями.

*** Меньшие значения $v_{доп}$ относятся к работе передатчиков в телефонном режиме.

По этим причинам сглаживающий фильтр выпрямителя многокаскадного устройства делают многозвенным, питая первый каскад (или несколько каскадов) через все его звенья и подавая напряжения на остальные каскады с промежуточных конденсаторов фильтра.

Если суммарный выпрямленный ток (исключая ток нагрузки, подключенной к конденсатору выпрямителя) не превышает 0,1 А, то фильтр целесообразно составлять полностью из RC-звеньев. При этом для уменьшения потерь мощности в фильтре и улучшения развязки между каскадами ВЧ и НЧ части приемников и радиол целесообразно питать через самостоятельные цепи из RC-звеньев. Средняя мощность, отбираемая от выпрямителя оконечным каскадом УНЧ, работающим в режиме АВ, и модулируемым каскадом передатчика, зависит соответственно от уровня усиливаемого сигнала и глубины модуляции. По этой причине напряжение питания каскада колеблется («дышит»), следя за уровнем сигнала. Для уменьшения колебаний питающих напряжений каскадов предварительного усиления их целесообразно питать через диодно-емкостный фильтр (см. рис. 9-16), диод которого препятствует разряду конденсатора C_2 на коллекторную (анодную) цепь оконечного каскада, потребляющую ток I_1, в моменты снижения напряжения на конденсаторе C_1.

Параметры сглаживающих фильтров

Падение напряжения на фильтре или звене фильтра равно разности постоянных составляющих напряжений на его входе и выходе ($U_1 - U_2$). Для фильтра, состоящего из ряда последовательно включенных звеньев, падение напряжения на фильтре равно сумме падений напряжения на каждом из звеньев.

Коэффициент пульсации напряжения v — отношение амплитуды первой гармоники переменной составляющей пульсирующего напряжения к его постоянной составляющей U.

Коэффициент сглаживания пульсаций фильтром или звеном s — величина, характеризующая уменьшение фильтром (звеном) коэффициента пульсации.

Коэффициент сглаживания одного звена

$$s=\frac{v_1U_2}{v_2U_1}, \tag{9-1}$$

где v_1 и U_1 — параметры на входе звена, а v_2 и U_2 — на его выходе.

Коэффициент сглаживания фильтра, состоящего из последовательно включенных звеньев, равен произведению коэффициентов сглаживания всех звеньев.

Расчет RC- и LC-звеньев фильтров

Расчет сглаживающего фильтра сводится к вычислению сопротивления резистора $R_ф$ (либо индуктивности $L_ф$) и емкости конденсатора $C_ф$ каждого из его звеньев (рис. 9-15), обеспечивающих необходимое ослабление пульсации фильтром; начинать расчет удобно с первого от входа фильтра звена, для которого принимают $U_1 = U_0$ и $v_1 = v_0$. Постоянную составляющую напряжения и коэффициент пульсации на входе каждого последующего звена принимают равными постоянной составляющей напряжения U_2 и коэффициенту пульсации v_2 на выходе предыдущего звена. Значения $v_2 \leqslant v_{доп}$ можно взять из табл. 9-8.

Частота пульсаций выходного напряжения $f_п$ однофазного выпрямителя (рис. 9-2), цепи удвоения (рис. 9-7) и преобразователя напряжения с однотактным генератором (рис. 9-12) равна частоте тока в электросети или частоте генерируемых преобразователем колебаний соответственно. Выходное напряжение всех остальных устройств, приводимых в § 9-2 и 9-4, пульсирует с частотой в 2 раза большей.

В приводимые далее формулы надо подставлять сопротивления в омах, емкости в микрофарадах, индуктивности в генри, токи в амперах, напряжения в вольтах. Те же размерности имеют и соответствующие результаты расчетов.

Порядок расчета:

1) Сопротивление резистора $R_ф$ при заданной постоянной составляющей тока I_{1-2}

$$R_ф=(U_1-U_2)/I_{1-2}.$$

Падение постоянного напряжения на сопротивлении $r_ф$ обмотки дросселя фильтра

$$U_1-U_2=r_ф I_{1-2}.$$

Допускаемая мощность рассеяния резистора должна быть не менее

$$P_{рас}=I^2_{1-2}R_ф.$$

В случае RC-звена для дальнейшего расчета принимают ближайшее номинальное сопротивление резистора.

2) Емкость конденсатора RC-звена

$$C_ф \geqslant \frac{200 \cdot 10^3 s}{R_ф f_п}.$$

Если емкость конденсатора $C_ф$ получается настолько большой, что ее удобнее реализовать как параллельное соединение двух конденсаторов, вместо одного звена лучше применить два RC-звена (рис. 9-15, *б*). Сопротивления каждого резистора: $R_{ф1} \approx R_{ф2} \approx 0,5\ R_ф$, а емкости конденсаторов

$$C_{ф1}=C_{ф2} \geqslant \frac{200 \cdot 10^3 \sqrt{s}}{(R_{ф1}+R_{ф2}) f_п}.$$

При расчете LC-звена (рис. 9-15, *в*) можно задаться индуктивностью дросселя $L_ф$, если предполагается использовать готовый дроссель — см. табл. 12-34.

При этом емкость конденсатора

$$C_ф \geqslant \frac{30 \cdot 10^3 s}{L_ф f^2_п}.$$

Номинальное напряжение на конденсаторе $C_ф$ во всех случаях должно быть не менее 1,2 U_2.

Расчет звена фильтра с полупроводниковым диодом

Падение постоянной составляющей выпрямленного напряжения на звене сглаживающего фильтра с полупроводниковым диодом (рис. 9-16) не превышает 1 В. Максимально допустимое значение выпрямленного тока диода $I_{вп.ср.макс}$ должно быть в 2—3 раза больше тока нагрузки I_2. Если $I_2 \ll I_1$, то емкость конденсатора C_2, при которой коэффициент пульсации напряжения v_2 не превышает заданного значения, можно определить по формуле

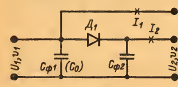


Рис. 9-16.

$$C_2 \geqslant \frac{500 I_2}{v_2 U_2 f_п} - C_1.$$

Здесь ток I_2 — в миллиамперах, а C_1 и C_2 — в микрофарадах.

9-6. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Применение стабилизаторов различных типов

Стабильность питающего напряжения можно улучшить, применив стабилизатор переменного напряжения (например, феррорезонансный) либо стабилизатор постоянного (выпрямленного) напряжения на полупроводниковых и газоразрядных стабилитронах или на транзисторах.

Стабилизатор переменного напряжения улучшает стабильность всех выходных напряжений вторичного источника питания.

Стабилизаторы постоянного напряжения при питании РЭА от электросети, уменьшая колебания постоянных напряжений, вместе с тем сглаживают пульсации выпрямленных напряжений. На кремниевых стабилитронах можно построить стабилизатор с выходным напряжением от нескольких вольт до нескольких сотен вольт. Их используют для стабилизации питающих напряжений как транзисторной, так и ламповой РЭА. При высоких требованиях к стабильности выходного напряжения и больших токах нагрузки применяют транзисторные стабилизаторы, которые обладают более высоким к. п. д., меньшим выходным сопротивлением.

Параметры стабилизаторов напряжения

Выходной ток $I_{вых}$ — ток, потребляемый нагрузкой с выхода стабилизатора. Стабилизатор может быть рассчитан на постоянную ($I_{вых} = \text{const}$) либо на переменную нагрузку; в последнем случае параметрами стабилизатора являются максимальный $I_{вых.макс}$ и минимальный $I_{вых.мин}$ токи нагрузки (в частном случае $I_{вых.мин} = 0$).

Входные напряжения стабилизатора: номинальное $U_{вх}$, максимальное $U_{вх.макс}$ и минимальное $U_{вх.мин}$ значения напряжения, поступающего на вход стабилизатора от источника питания.

Часто изменения входного напряжения стабилизатора характеризуют относительными отклонениями в сторону увеличения $\delta_в$ и в сторону уменьшения $\delta_н$; отклонения эти обычно выражают в виде десятичных дробей. При этом

$$U_{вх.макс} = U_{вх}(1 + \delta_в); \quad U_{вх.мин} = U_{вх}(1 - \delta_н);$$

соответственно

$$\delta_в = U_{вх.макс}/U_{вх} - 1; \quad \delta_н = 1 - U_{вх.мин}/U_{вх}.$$

Выходное напряжение $U_{вых}$ — напряжение на нагрузке стабилизатора.

Коэффициент стабилизации напряжения $K_{ст}$ показывает, во сколько раз относительное изменение напряжения на нагрузке стабилизатора меньше относительного изменения напряжения на его входе при неизменном токе нагрузки, т. е.

$$K_{ст} = \frac{\Delta U_{вх}/U_{вх}}{\Delta U_{вых}/U_{вых}}. \tag{9-2}$$

Выходное дифференциальное сопротивление стабилизатора — $r_{вых}$ определяет степень постоянства выходного напряжения стабилизатора при изменениях тока нагрузки; оно равно отношению уменьшения (увеличения) напряжения на выходе стабилизатора, к вызвавшему это изменение увеличению (уменьшению) тока нагрузки, т. е.

$$r_{вых} = -\Delta U_{вых}/\Delta I_{вых}. \tag{9-3}$$

Так как $\Delta U_{вых}$ и $\Delta I_{вых}$ по смыслу имеют разные знаки, то для получения положительного значения $r_{вых}$ перед их отношением поставлен знак минус.

К. п. д. стабилизатора η — отношение мощности, потребляемой нагрузкой стабилизатора, к мощности, поступающей на его вход от источника питания, т. е.

$$\eta = U_{вых}I_{вых}/(U_{вх}I_{вх}).$$

Параметрические стабилизаторы напряжения на стабилитронах и стабисторах

Простейший стабилизатор постоянного напряжения представляет собой делитель напряжения, состоящий из резистора и элемента с нелинейной вольт-амперной характеристикой. В качестве последнего используют кремниевый стабилитрон (рис. 9-17, *а*), стабистор (рис. 9-17, *б*) или газоразрядный стабилитрон

(рис. 9-17, *в*). Такие стабилизаторы называют параметрическими, так как действие их основано на изменении под действием входного напряжения такого параметра нелинейного элемента, как сопротивление постоянному току.

Вместо стабистора можно использовать кремниевые выпрямительные диоды в прямом включении, если требуется стабильное напряжение 0,7—1,0 В. Иногда несколько диодов соединяют последовательно и получают стабилизированное напряжение больше 1 В.

Выходное напряжение стабилизатора $U_{вых}$ равно напряжению стабилизации (см. § 12-12) примененного стабилитрона (стабистора). Поэтому нельзя получить напряжение $U_{вых}$ с любым желаемым значением; его приходится выбирать в пределах величин, обеспечиваемых тем или иным доступным для применения типом стабилитрона. Например, если нужно иметь $U_{вых} = 9$ В, то приходится применять стабилитрон Д809 (или Д814Б), напряжение стабилизации которого 8—9,5 В, либо стабилитрон Д810 (Д814В), для которого $U_{ст} = 9 \div 10{,}5$ В. Для получения $U_{вых}$ большей величины стабилитроны соединяют последовательно.

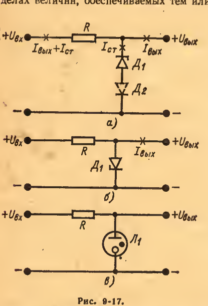


Рис. 9-17.

Параллельное соединение стабилитронов (стабисторов) не применяют, так как вследствие различия их напряжений стабилизации ток распределится между ними неравномерно (стабилитрон с несколько меньшим напряжением стабилизации всегда будет сильно перегружен током).

Благодаря тому, что стабилизатор реагирует на быстрые изменения подводимого напряжения, он сглаживает пульсации напряжения. Коэффициент сглаживания пульсаций близок по величине к коэффициенту стабилизации.

Выходное напряжение стабилизатора, выполненного на наиболее распространенных в радиолюбительской практике стабилитронах с $U_{ст} > 8$ В обычно с увеличением температуры возрастает на 0,05—0,1%/°C (если применены мощные стабилитроны до 0,2%/°C). При использовании стабилитронов с $U_{ст} = (4 \div 6)$ В $U_{вых}$ может изменяться незначительно как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения (зависит от данного экземпляра стабилитрона), а при $U_{ст} < 4$ В увеличение температуры вызывает снижение $U_{вых}$ на величину порядка сотых долей процента на градус. Напряжение стабилизации стабисторов уменьшается при увеличении температуры примерно на 2 мВ/°C.

Влияние температуры на напряжение стабилизации можно уменьшить, включив последовательно с кремниевым стабилитроном дополнительный диод (диоды) при прямом включении *p-n* перехода. Поскольку падение напряжения на *p-n* переходе с прямым включением с ростом температуры уменьшается, общее напряжение на участке стабилитрон—диод меньше зависит от температуры, чем у каждого из них в отдельности. Однако при этом несколько уменьшается $K_{ст}$ и увеличивается $r_{вых}$.

Расчет параметрического стабилизатора напряжения на кремниевом стабилитроне или стабисторе. Целью расчета является получение сопротивления и рассеиваемой мощности резистора *R* и определение параметров стабилизатора: коэффициента стабилизации и выходного сопротивления.

Исходные данные: 1) выходное напряжение $U_{вых}$; 2) значения выходного тока $I_{вых.мин}$ и $I_{вых.макс}$; наибольшие ожидаемые отклонения $\delta_н$ и $\delta_в$ напряжения первичного источника от его номинального значения. Если выпрямитель, создающий напряжение $U_0 = U_{вх}$, работает от электросети и $I_{вых} = \text{const}$, то принимают $\delta_в = \delta_н = 0{,}05$ (ГОСТ 13109-67). Часто при большой нагрузке снижение напряжения в некоторых местных сетях бывает более значительным. Поэтому перед расчетом стабилизатора следует определить значение $\delta_н$, фактически имеющее место в электросети, от которой будет работать РЭА и учесть изменение U_0 при изменении I_0.

Входное напряжение $U_{вх}$ нужно вычислить, если выпрямитель проектируется одновременно со стабилизатором, либо этот показатель может быть заданной величиной, если проектируется стабилизатор к имеющемуся выпрямителю.

Сначала выбирают стабилитрон (стабистор), напряжение стабилизации которого $U_{ст}$ возможно ближе к требуемому значению $U_{вых}$, вместе с тем он удовлетворяет условию:

$$I_{ст.макс} > 1{,}3\left[\frac{1+\delta_в}{1-\delta_н} I_{ст.мин} + I_{вых.макс} - I_{вых.мин}\right]. \tag{9-4}$$

Если последнее условие не выполняется, следует применить стабилитрон (стабистор) с большим максимально допустимым током $I_{ст.макс}$ (см. табл. 12-46).

При необходимости иметь значительное $U_{вых}$ можно включить последовательно два или большее число стабилитронов, при этом

$$U_{вых} = U_{ст1} + U_{ст2} + \ldots + U_{ст\,m}.$$

Номинальное входное напряжение определяют по формуле

$$U_{вх} = U_{вых}\frac{(0{,}8I_{ст.макс} + I_{вых.мин}) -}{(0{,}8I_{ст.макс} + I_{вых.мин})(1-\delta_н) -} \to$$

$$\to \frac{-(I_{вых.макс} + I_{ст.мин})}{-(I_{вых.макс} + I_{ст.мин})(1+\delta_в)}; \tag{9-5}$$

сопротивление резистора

$$R = \frac{U_{вх}(\delta_в + \delta_н)}{(0{,}8I_{ст.макс} + I_{вых.мин}) - (I_{вых.макс} + I_{ст.мин})}. \tag{9-6}$$

Максимальная рассеиваемая на резисторе мощность

$$P = [U_{вх}(1+\delta_в) - U_{вых}](I_{ст.макс} + I_{вых.мин}). \tag{9-7}$$

Выбирают резистор с ближайшей большей мощностью рассеяния, ближайшим номинальным сопротивлением и допуском не более $\pm 10\%$.

Если в последние формулы значение токов подставить в миллиамперах, то значение R получится в килоомах, а P — в милливаттах.

Коэффициент стабилизации напряжения

$$K_{ст} = \frac{RU_{вых}}{r_{ст}U_{вх}}, \tag{9-8}$$

где $r_{ст}$ — динамическое сопротивление стабилитрона [Ом] при данном токе через него (см. § 12-12).

Выходное сопротивление стабилизатора $r_{вых} \approx r_{ст}$. При последовательном включении m стабилитронов при вычислении $r_{вых}$ и $K_{ст}$ за $r_{ст}$ принимают $r_{ст1} + r_{ст2} + \ldots + r_{ст\,m}$.

Расчет стабилизатора на газоразрядном стабилитроне производится по тем же формулам, что и стабилизатора на кремниевом стабилитроне.

Днамическое сопротнвлеине газоразрядиого стабилитроиа иаходят по формуле

$$r_{ст}=\frac{\Delta U_{ст}}{I_{ст.макс}-I_{ст.мин}},$$

где $\Delta U_{ст}$, $I_{ст.макс}$ и $I_{ст.мин}$ берут из табл. 12-46; чтобы получить $r_д$ в омах, токи стабилизации следует выразнть в амперах.

Дополнительно прн расчете стабилизатора иужио проверить выполиеиие иеравеиства

$$U_{в.разр}\geqslant\frac{U_{вх}U_{вых}(1-\delta_п)}{U_{вых}+RI_{вых.макс}},$$

где $U_{в.разр}$ — иапряжеиие возиикиовеиия разряда в стабнлнтроие (см. табл. 12-46).

Еслн последиее условие ие выполияется, иеобходнмо увеличить $U_{вх}$.

Траизисторные стабилизаторы иапряжения

Простейший транзисторный стабилизатор иапряження содержит параметрический стабилизатор иа кремниевом стабилнтроие и дополннтельно транзистор, обычио средней или большой мощности, изываемый в даиюм случае регулирующим (рис. 9-18, *а*, *б*).

Прнмененне мощного транзистора позволяет получнть гораздо больший выходиой ток, чем от параметрического стабилизатора с таким же стабилнтроиом.

Коэффициеит стабилизации напряжеиия $K_{ст}$ транзисторных стабнлнзаторов иапряжеиня по схемам иа рнс. 9-18, *а*, *б* определяется параметрами цепи *RД*

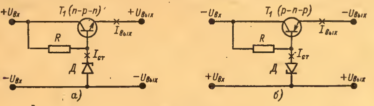


Рис. 9-18.

и ие превышает значеиня $K_{ст}$ стабнлизатора по схеме иа рис. 9-17, *а*; выходное сопротивление стабнлизаторов по схемам иа рис. 9-18, *а*, *б* порядка десятых долей ома.

Напряжеиие иа выходе траизисториого параметрического стабилнзатора

$$U_{вых}=U_{ст}-U_{БЭ}. \tag{9-9}$$

Падение напряжеиня между эмнттером и базой гермаииевого траизистора $U_{БЭ}=0{,}3\div0{,}5$ В н кремнневого 0,6—0,8 В.

Отличаясь предельной простотой, стабилизаторы по схемам на рис. 9-18 обладают существеиным недостатком: даже при кратковременном коротком замыканнн выхода регулнрующий траизнстор перегружается и выходит из строя. По указанной причине, а также учнтывая ннзкое значение $K_{ст}$ и относительно большое $r_{вых}$, стабилизатор по схеме на рнс. 9-18 целесообразно выполиять лншь в случаях, когда не требуется высокая стабильность выходного иапряжения и нсключеиа возможность перегрузки или случайиого короткого замыкаиня выхода.

Стабилнзаторы с двумя траизнсторами различиой структуры (рис. 9-19) имеют прнмерно на порядок более высокие зиачення $K_{ст}$ и на порядок меньше зиачеиия $r_{вых}$, чем стабилизаторы на рис. 9-18. Вместе с тем стабилизаторы по схе-

мам на рис. 9-19 можно сделать нечувствительными к коротким замыканиям и перегрузкам, добавив диод и резистор, обозначенные на схеме штриховыми линиями.

Транзистор T_1 можно монтировать на радиаторе без изоляционных прокладок, если в стабилизаторе по схеме на рис. 9-19, *а* с корпусом устройства соединен положительный полюс стабилизированного напряжения, а в устройстве по схеме на рис. 9-19, *б* — отрицательный полюс.

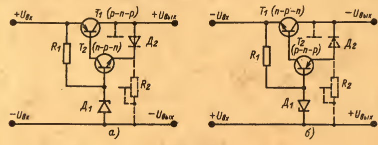


Рис. 9-19.

Пример. Стабилитрон Д814В (Д810), транзисторы: T_1 — П214, T_2 — МП38А (рис. 9-19, *а*) или T_1 — П702, T_2 — МП40 (рис. 9-19, *б*); $R_1 = 560$ Ом, $U_{вх} = 18$ В, $\delta_в = 0{,}05$, $\delta_н = 0{,}20$, $K_{ст} \approx 10$, $r_{вых} \approx 0{,}04$ Ом.

Транзисторный стабилизатор напряжения с цепью обратной связи. Выходное напряжение такого стабилизатора, который более известен в технической литературе под названием «компенсационный стабилизатор», может заметно отличаться от напряжения $U_{ст}$ стабилитрона, при этом значение $U_{вых}$ можно точно устанавливать и в некоторых пределах изменять.

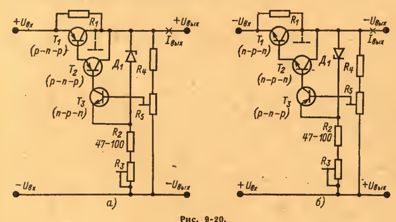


Рис. 9-20.

На рис. 9-20 показаны два варианта распространенной схемы стабилизатора напряжения с обратной связью и составным регулирующим транзистором T_1T_2. В цепи обратной связи имеется усилитель на транзисторе T_3, имеющем структуру, обратную структуре тех транзисторов, которые образуют составной транзистор.

Стабилитрон используется одновременно в качестве диода защиты стабилизатора от перегрузок и в качестве источника опорного напряжения, с которым сравнивается выходное напряжение стабилизатора. Получаемый в результате сравне-

ння сигнал рассогласования управляет токамн транзисторов T_1, T_2 и T_3 таким образом, что выходное напряжение поддерживается практически неизменным при изменеиии как входного напряжения, так и тока нагрузкн.

Требуемое выходное напряжение устанавливают с помощью переменного резистора R_5, входящего в делитель выходного напряжеиия R_4R_5, а порог срабатывания защиты — с помощью переменного резнстора R_3.

Выбор транзисторов. В момент включения питания на стабилизаторы по всем приводнмым в этом параграфе схемам через регулирующий транзистор T_1 проходнт зиачительный импульс тока на заряд конденсаторов в питаемом устройстве, поэтому макснмальио допускаемый ток для этого транзистора $I_{\text{К макс}}$ должеи быть в 5—10 раз больше заданиого значення макснмального тока нагрузки $I_{\text{вых. макс}}$. Максимальио допускаемый ток транзнстора T_2 в стабилнзаторах по схемам рис. 9-19 и 9-20 может быть в $h_{21Э(T1)}$ раз меньше, чем для транзистора T_1, а максимально допускаемое напряженне $U_{\text{КЭ макс}}$ транзисторов T_1 и T_2 должио быть не менее максимального значения входного напряження стабилизатора (при питании от выпрямителя $U_{\text{КЭ макс}}$ должио быть по крайней мере в 1,5 раза больше действующего напряжения вторичной обмотки трансформатора питания при наибольшем напряжении в электросетн). Выполиенне последнего условня исключает возможность пробоя транзисторов при перегрузках и коротких замыканиях выхода стабнлизатора.

Рис. 9-21.

В необходимых случаях для повышения допустимого напряжения вместо T_1 включают последовательио два одиночных (рис. 9-21, *а*) или вместо транзисторов T_1 и T_2 — два составных регулирующих транзистора (рис. 9-21, *б*).

Транзистор усилителя цепи обратной связи T_3 в рассматриваемом стабилизаторе напряжения при $U_{\text{вых}} \leqslant 40$ В и $I_{\text{вых}} \leqslant 5$ А может быть маломощным, практически любого типа (например, МП38 и т. п.).

Выбор стабилитрона. Стабилитрон для устройств по схемам на рис. 9-18 и 9-19 выбирают с напряжеием стабилизации $U_{\text{ст}} \approx U_{\text{вых}}$ и при этом его ток стабилизации должен быть не менее вычисленного по формуле (9-4), в которой прн расчете стабилизатора по схеме на рис. 9-18 $I_{\text{вых. макс}}$ заменяют на $I_{\text{вых. макс}}/h_{21Э(T1)}$, а при расчете стабилизатора по схеме на рис. 9-19 — значением $I_{\text{вых. макс}}/(h_{21Э(T1)}h_{21Э(T2)})$.

В устройствах по схемам на рис. 9-20 можно использовать стабилитрон с напряжением стабилизации $U_{\text{ст}} = nU_{\text{вых}}$, прииимая $n = 0{,}6 \div 0{,}9$.

Если нужно иметь $U_{\text{вых}}$ значительно большей величины, чем $U_{\text{ст}}$ имеющихся стабилитронов, так же как и в диодном стабилизаторе, применяют последовательное соединенне нескольких стабилнтронов. Для температурной компенсации последовательно с основным стабилитроном (стабилитронами) вводят диод с прямым включением *p-n* перехода.

Расчет стабилизаторов. Исходными данными для расчета являются: 1) напряжение на выходе стабилнзатора $U_{\text{вых}}$; 2) значения тока нагрузки $I_{\text{вых. мин}}$ и $I_{\text{вых. макс}}$; 3) наибольшне ожидаемые отклонения $\delta_{\text{н}}$ и $\delta_{\text{в}}$ напряжения источника питания от его номинального значения; 4) при питании от выпрямителя коэффи-

циент пульсации v_0 напряжения, поступающего на вход стабилизатора; обычно принимают $v_0 \leqslant 0{,}02 \div 0{,}05$.

Целью расчета является определение номинального напряжения на входе стабилизатора $U_{вх}$ (при питании от выпрямителя $U_{вх} = U_0$ — см. § 9-2) и сопротивлений резисторов, входящих в схему стабилизатора.

Порядок расчета:

1) определяют номинальное входное напряжение по формуле (независимо от того, по какой схеме выполнен стабилизатор):

$$U_{вх} = \frac{U_{вых} + (2 \div 3)\, U_{КЭ\,нас(T1)}}{1 - \delta_н}; \qquad (9\text{-}10)$$

2) для стабилизаторов по схемам на рис. 9-18 определяют сопротивление резистора R по формуле

$$R = 0{,}5\left[\frac{U_{вх}(1+\delta_в) - U_{вых}}{0{,}8 I_{ст.\,макс} h_{21Э} + I_{вых.\,мин}} h_{21Э} + \frac{U_{вх}(1-\delta_н) - U_{вых}}{I_{вых.\,макс} + I_{ст.мин} h_{21Э}} h_{21Э}\right], \qquad (9\text{-}11)$$

а рассеиваемую на нем мощность — по формуле (9-7), подставляя в нее вместо значений $I_{вых.макс}$ и $I_{вых.\,мин}$ значения $I_{вых.\,макс}/h_{21Э}$ и $I_{вых.\,мин}/h_{21Э}$ соответственно. Если конкретные значения $h_{21Э}$ намеченного к применению транзистора неизвестны, берут наименьшее его значение из соответствующей таблицы разд. 12-14.

При расчете стабилизатора по схеме на рис. 9-19 пользуются формулами (9-6) и (9-7), заменяя в них значения $I_{вых.макс}$ и $I_{вых.мин}$ значениями $I_{вых.\,макс}/(h_{21Э(T1)} \cdot h_{21Э(T2)})$ и $I_{вых.\,мин}/(h_{21Э(T1)} \cdot h_{21Э(T2)})$ соответственно.

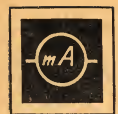
Сопротивления резисторов стабилизатора по схеме на рис. 9-20 определяют по формулам

$$\left.\begin{aligned} R_1 &= (10 \div 20)\,(U_{вх} - U_{вых})/I_{вых};\\ R_3 &= (1-n)\, U_{вых}/I_{ст.\,мин};\\ R_4 &= 50 n U_{вых}/I_{вых.\,макс};\\ R_5 &= 100\,(1-n)\, U_{вых}/I_{вых.\,макс}. \end{aligned}\right\} \qquad (9\text{-}12)$$

Каждый из резисторов R_1', R_1'' в схеме на рис. 9-21 должен иметь сопротивление, вдвое меньшее вычисленного по приведенной формуле для R_1.

Сопротивления резисторов, полученные в результате вычисления по приводимым формулам, будут выражены в омах, если токи подставить в амперах, а напряжения — в вольтах: соответственно результат расчета получается в килоомах, если токи выражены в миллиамперах.

Рассеиваемые на резисторах мощности в ваттах равны произведению падения напряжения в вольтах на ток в амперах.



ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

РАЗДЕЛ

СОДЕРЖАНИЕ

10-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Классификация электрорадиоизмерительных приборов

Приборы, предназначенные для измерения электрических величин и параметров компонентов электрических и радиотехнических цепей, называют **электрорадиоизмерительными приборами**. По структуре построения, т. е. способу включения отдельных преобразователей, и получения результата измерения приборы принято делить на три вида: *прямого преобразования* (или *непосредственной оценки*), *сравнения и смешанного преобразования* (сочетание первых двух видов).

В приборах прямого преобразования измеряемая величина непосредственно или через промежуточный преобразователь воздействует на отсчетное устройство прибора. Эти приборы сравнительно просты, но не позволяют производить измерения с высокой точностью. В приборах сравнения производится непосредственное сравнение измеряемой величины (или ее преобразованного значения) с величиной известной (мерой), что дает возможность выполнить измерение с большой точностью.

Все электрорадиоизмерительные приборы подразделяются на *аналоговые*, показания которых являются непрерывной функцией изменений измеряемой вели-

чины, и *цифровые,* в которых автоматически вырабатываются дискретные сигналы измерительной информации и показания которых представляются в цифровой форме.

К аналоговым приборам относятся электромеханические приборы магнитоэлектрической, электромагнитной, электродинамической, ферродинамической, индукционной и электростатической систем, а также стрелочные электронные приборы прямого преобразования, на выходе которых использованы стрелочные измерители.

В аналоговых приборах в качестве оконечного измерителя наиболее часто применяют измерители магнитоэлектрической системы, так как они имеют высокую чувствительность, точность и небольшие габаритные размеры. Характеристики некоторых измерителей магнитоэлектрической системы приведены в табл. 10-1. Их непосредственное применение, а также применение электромеханических вольтметров и амперметров, имеющих такие измерители, возможно в цепях постоянного или пульсирующего тока, если необходимо измерить постоянную составляющую тока или напряжения.

Таблица 10-1

Измерительные приборы магнитоэлектрические (микроамперметры)

Тип	Класс точности	Ток полного отклонения, мкА	Габариты, мм
М93, М94	1; 1,5	50, 100, 150, 200, 300, 500, 1000	120 × 105 × 64
М96	1,5	300	127 × 107 × 65
М1131	4,0	200, 500	30 × 30 × 50
М1360	2,5	50, 100, 200, 500	60 × 60 × 70
М1400	1,5	50, 100, 200, 500	80 × 80 × 70
М1690	1,0	50, 100, 200, 500	120 × 105 × 75
М1692	0,5; 1,0	20, 50, 100, 200, 500, 1000	120 × 105 × 75
М4204	1,5; 2,5	10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000	80 × 80 × 49
М4205; М4208	1,5; 2,5	10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000	60 × 60 × 49
М4206; М4209	2,5; 4,0	10, 20, 30, 50, 100, 200, 300, 500, 1000	40 × 40 × 49

Приборы электромагнитной, электродинамической, ферродинамической и электростатической систем менее пригодны для радиоизмерений; угол поворота их указателей пропорционален среднеквадратическому значению измеряемого тока или напряжения при любой форме (если спектральные составляющие измеряемого сигнала не выходят за границы рабочей области частот прибора). Приборы этих систем имеют открытый вход, т. е. они реагируют и на постоянную составляющую сигнала.

Приборы электромагнитной, электродинамической и ферродинамической систем можно использовать непосредственно для измерений токов и напряжений в диапазоне частот от нуля (постоянное напряжение) и примерно до 2 кГц. Приборы электростатической системы применяют в основном в киловольтметрах для измерения постоянных и переменных напряжений частотой до нескольких мегагерц. Их также можно использовать для измерения электрических зарядов, например, на электретах. Расширение пределов измерения по заряду при этом достигается включением параллельно входу вольтметра добавочных конденсаторов.

Для измерений в цепях переменного тока от самых низких до высоких частот используют измерители магнитоэлектрической системы, объединенные конструк-

тивио с выпрямителями (детекторами) иа полупроводниковых или электровакуумиых приборах либо с термопарами, преобразующими перемеииый ток в пульсирующий или постоянный. В зависимости от типа примеиеииого преобразователя такие измерительиые прнборы иазывают соответствеино приборами *выпрямительной* и *термоэлектрической* систем.

Для радиоизмереиий чаще всего нспользуют аиалоговые *электронные* приборы, состоящие из входиого измерительиого преобразователя, промежуточных транзисториых илн ламповых преобразователей (например, усилнтелей) и окоиечиого измерителя, как правило, магнитоэлектрнческой системы. Они отличаются высокой чувствительиостью, большим входиым сопротивлеиием, широкой рабочей областью частот и большой уииверсальиостью использоваиия.

Термииология и характеристики электрорадиоизмерительиых приборов

Средство измерений — устройство, используемое при нзмерениях и имеющее нормироваиные метрологические характернстики.

Эталон — средство измереиий иаивысшей метрологической точиости, предиазиачеииое для воспроизведения и хранения едиииц измереиия.

Образцовое средство измерений — мера, измерительный прибор или измернтельиый преобразователь, служащий для поверки по иему других средств измереиий и утвержденный в качестве образцового.

Образцовые меры и образцовые измерительные приборы должиы иметь погрешиости ие менее чем в 3—5 раз меньшие, чем погрешиость поверяемых с их помощью рабочих мер н измерительных прнборов.

Рабочее средство измерений — средство измереиий, примеияемое для измерений, не связаниых с поверкой средств измерений.

Измеритель — совокупиость измернтельиого механизма и отсчетного устройства.

Шкала — часть отсчетиого устройства измерителя, представляющая собой совокупность числовых отметок или других символов, соответствующих ряду последовательных значеиий измеряемой величииы.

Отметка шкалы — зиак иа шкале, соответствующий некоторому зиачеиию измеряемой велнчины.

Числовая отметка шкалы — отметка шкалы, у которой проставлено число отсчета.

Нулевая отметка — числовая отметка, иа которую устаиавливается указатель измерителя прн иулевом зиачеиии измеряемой величины. Шкала с иулевой отметкой, расположениой в иачале или в коице шкалы, иазывается одностороиией шкалой; с иулевой отметкой в середиие шкалы — двустороиией шкалой.

Начальная отметка для прнборов с одиостороней шкалой — то же, что нулевая отметка. Для приборов с двустороиней шкалой иачальная отметка соответствует иаибольшему отрнцательиому зиачению измеряемой величииы.

Конечная отметка — отметка, соответствующая ианбольшему значеиию измеряемой величниы по даииой шкале. В приборах с двустороней шкалой коиечной иазывают отметку, соответствующую ианбольшему положительиому зиачеиию измеряемой величины.

Длина шкалы — расстояние между иачальиой н коиечиой отметками, отсчнтаиное по дуге; измеряется в миллиметрах.

Деление шкалы — промежуток между двумя соседиими отметками шкалы. В зависимости от того, в каких едииицах выражен этот промежуток, различают: а) ценy делеиия, если промежуток выражеи в едииицах измеряемой величииы, иапример в вольтах, миллнвольтах; б) длииу делеиия, еслн промежуток выражеи в едииицах длины, иапример в миллиметрах. Шкалу с делеииями постояиной длииы и постояииой ценой деления иазывают равиомериой.

Начальное значение шкалы — иаименьшее зиачеиие измеряемой величииы, указанное иа шкале.

Конечное значение шкалы — наибольшее значение измеряемой величины, указанное на шкале.

Отсчет — число, отсчитанное по отсчетному устройству прибора. В аналоговых приборах — это число, соответствующее делению шкалы, на котором остановился указатель отсчетного устройства прибора; в цифровых приборах — это число, наблюдаемое в виде цифр.

Показание — значение измеряемой величины, соответствующее отсчету и выраженное в принятых единицах этой величины. Отсчет и показание прибора иногда совпадают, как, например, у однодиапазонного прибора, шкала которого градуирована в единицах измеряемой величины.

Диапазон показаний — область значений шкалы, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы.

Диапазон измерений — область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности прибора.

Рабочая область частот — полоса частот, в пределах которой дополнительные частотные погрешности прибора не превышают значения, указанного в паспорте прибора.

Абсолютная погрешность измерительного прибора

$$\Delta A = A - A_0;$$

относительная погрешность измерительного прибора

$$\delta A = (A - A_0)/A_0 = \Delta A/A_0;$$

приведенная погрешность измерительного прибора

$$\delta_L = \Delta A/L,$$

где A — показание прибора; A_0 — истинное значение измеряемой величины; L — нормирующее значение, равное конечному значению шкалы, арифметической сумме конечных значений шкалы или диапазону показаний прибора с односторонней, двусторонней или безнулевой шкалой соответственно.

Класс точности прибора определяется максимальным допустимым значением основной приведенной погрешности прибора, выраженной в процентах, т. е. погрешности прибора в нормальных условиях эксплуатации.

Дополнительные погрешности возникают при измерениях в условиях, отличных от нормальных (например, температурная погрешность, частотная погрешность и т. п.).

Электрорадиоизмерительные аналоговые приборы могут иметь следующие классы точности: 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0 и 10. Для радиолюбительских измерений вполне пригодны приборы классов 1,5—4,0, а иногда и классов 6,0 и 10.

Интервал, в котором находится действительное значение измеряемой величины A_0, определяется по формуле

$$A_0 = A \pm 0{,}01LK_п,$$

где $K_п$ — число, обозначающее класс точности прибора.

Входное сопротивление прибора — сопротивление прибора со стороны его входных зажимов. Этот параметр имеет существенное значение, так как чем больше входное сопротивление, тем меньшее влияние оказывает прибор на источник измеряемого сигнала; он регламентируется для вольтметров, осциллографов и других приборов, подключаемых к цепям с высоким сопротивлением.

Для приборов, измеряющих переменное напряжение, входное сопротивление — величина комплексная, эквивалентная чаще всего параллельному соединению активной $R_{вх}$ и емкостной $C_{вх}$ составляющих. Чем больше $R_{вх}$ и чем меньше $C_{вх}$, тем меньше влияет подключенный прибор на режим работы измеряемого объекта и тем точнее (при прочих равных условиях) результат измерения. Если входное сопротивление измерительного прибора $z_{вх}$ в 20—50 раз больше, то его влиянием на режим работы измеряемого объекта часто практически можно пренебречь.

Таблица 10-2

Условные обозначения на электроизмерительных приборах

Магнитоэлектрический прибор с подвижной рамкой	
Прибор выпрямительной системы (магнитоэлектрический измеритель + выпрямитель)	
Электронный прибор	
Термоэлектрический прибор (магнитоэлектрический измеритель + изолированный термопреобразователь)	
То же с неизолированным термопреобразователем	
Электромагнитный прибор	
Электродинамический прибор	
Ферродинамический прибор	
Электростатический прибор (киловольтметр)	
Вибрационный язычковый прибор (частотомер)	
Индукционный прибор (например, счетчик электрической энергии)	
Прибор (например, магнитоэлектрический) с магнитным экраном	
Прибор (например, электростатический), защищенный от внешних электрических полей	
Прибор для измерения в цепях постоянного тока	—
Прибор для измерения в цепях переменного тока	~
Прибор для измерения в цепях постоянного и переменного токов	
Класс точности прибора (например, 1,5)	1,5
Измерительная цепь прибора выдерживает по отношению к корпусу напряжение 2 кВ	
Рабочее положение шкалы прибора — горизонтальное	
Рабочее положение шкалы прибора — вертикальное	
Осторожно! Измерительная цепь прибора под высоким напряжением; ее изоляция ниже нормы (знак красного цвета)	
Внимание! При работе с прибором руководствоваться указаниями в его паспорте или описании	
Знаки полярности у зажимов при включении в цепь постоянного тока	− +
Знак у общего зажима комбинированного прибора	✱

Активная составляющая входного сопротивления электромеханических вольтметров нередко выражается в омах на вольт [Ом/В] или в килоомах на вольт [кОм/В]. При этом входное сопротивление прибора можно определить умножением указанного параметра на конечное значение шкалы соответствующего диапазона показаний вольтметра.

Входная емкость прибора $C_{вх}$, подключаемого при измерениях к резонансной цепи, может вызвать существенную расстройку этой цепи. Расстройкой практически можно пренебречь только в случаях, когда $C_{вх}$ измерительного прибора не менее чем в несколько сотен раз меньше общей емкости резонансной цепи, к которой подключается прибор.

Входная емкость измерительного прибора может быть уменьшена включением последовательно в его входную цепь конденсатора малой емкости (обычно 2—5 пФ). Действительное значение напряжения на резонансной системе в этом случае может быть вычислено по показанию A измерительного прибора (вольтметра, осциллографа) по формуле

$$U = A\,(z_к + z_{вх})/z_{вх},$$

где $z_к$ и $z_{вх}$ — соответственно модули полных сопротивлений подключаемого конденсатора и входа прибора.

Если конденсатор (КД, КТ, КСО и т. п.) обладает малыми потерями, то

$$U = A\left(1 + \frac{1 + 2\pi f C_{вх} R_{вх}}{2\pi f C_к R_{вх}}\right) \approx A\,(1 + C_{вх}/C_к),$$

где f — частота измеряемого напряжения, МГц; $C_{вх}$ — входная емкость измерительного прибора, пФ; $R_{вх}$ — активная составляющая входного сопротивления прибора, МОм; $C_к$ — емкость подключаемого конденсатора, пФ.

Условные обозначения на приборах

На приборах со стрелочными измерителями нанесены обозначения, которые дают краткую техническую характеристику приборов (табл. 10-2). Условное обозначение измерительного механизма прибора содержит одну из следующих букв: М — магнитоэлектрическая система, Э — электромагнитная система, Д — электродинамическая или ферродинамическая система, С — электростатическая система. Число после буквы обозначает номер типа прибора. Например, М94 обозначает прибор магнитоэлектрической системы типа 94.

10-2. ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ТОКОВ

Общие сведения

Простейший аналоговый вольтметр для измерения напряжений постоянного тока состоит из стрелочного измерителя магнитоэлектрической системы $И$ и последовательно включенных с ним добавочных резисторов $R_д$, предназначенных для расширения пределов измерения (рис. 10-1).

Входное сопротивление вольтметра, выраженное в килоомах,

$$R_{вх} = U_{пред}/I_{пред},$$

где $U_{пред}$ — выбранный верхний предел измерения вольтметра, В; $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя измерителя, мА.

Более высоким входным сопротивлением обладает электронный аналоговый вольтметр постоянного тока с УПТ, включаемым между входными зажимами и измерителем прибора. Входное сопротивление такого вольтметра определяется входным сопротивлением УПТ и сопротивлением утечки входной цепи и может достигать нескольких десятков мегаом.

Измерять напряжения переменного тока частотой до 1—1,5 кГц можно электромеханическими вольтметрами электромагнитной, электродинамической или ферродинамической систем, выполненными по схеме на рис. 10-1.

При измерениях в высокоомных цепях сигналов с частотами до нескольких мегагерц пригодны вольтметры электростатической системы.

В радиолюбительской практике для измерения напряжений переменного тока применяют стрелочные вольтметры выпрямительной системы (частотный диапазон до нескольких десятков килогерц) с однополупериодным (рис. 10-2, *а*) и мостовым (рис. 10-2, *б*) выпрямителями и стрелочные электронные вольтметры (частотный диапазон — до нескольких сотен мегагерц).

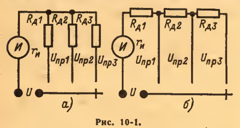


Рис. 10-1.

Сопротивления добавочных резисторов вольтметров, выполненных по схеме на рис. 10-1, *а*, вычисляют по формуле

$$R_{д\,i}=(U_{пред\,i}-I_{пред}r_и)/I_{пред},$$

а вольтметров, собранных по схеме рис. 10-1, *б*, — по формулам

$$R_{д1}=(U_{пред1}-I_{пред}r_и)/I_{пред};$$
$$R_{д2}=[(U_{пред2}-I_{пред}r_и)/I_{пред}]-R_{д1};$$
$$R_{д3}=[(U_{пред3}-I_{пред}r_и)/I_{пред}]-(R_{д1}+R_{д2}),$$

где $U_{пред\,i}$ — *i*-й верхний предел измерения вольтметра; $R_{д\,i}$ — сопротивление добавочного резистора соответствующего предела измерения; $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя измерителя; $r_и$ — сопротивление рамки измерителя (все величины — в основных единицах СИ).

Сопротивления добавочных резисторов выпрямительных вольтметров, выполненных по схеме рис. 10-2, *а*, вычисляют по формуле

$$R_{д\,i}=(0{,}45U_{пред\,i}/I_{пред})-(r_и+r_{д.\,пр}),$$

а вольтметров по схеме на рис. 10-2, *б* — по формуле

$$R_{д\,i}=(0{,}9U_{пред\,i}/I_{пред})-(r_и+2r_{д.\,пр}),$$

Рис. 10-2.

где $U_{пред\,i}$ — *i*-й верхний предел измерения вольтметра (среднеквадратическое значение); $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя измерителя; $r_{д.\,пр}$ — сопротивление диода в прямом направлении.

Шкалы вольтметров выпрямительной системы градуируются в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения.

Электронные аналоговые вольтметры переменного тока выполняют с детектором (выпрямителем) на входе или выходе прибора. Вольтметры с детектором на выходе содержат входной делитель напряжения, усилитель переменного напряжения и детектор, нагруженный на измеритель магнитоэлектрической системы. Вольтметры с такой структурой могут измерять напряжения от нескольких милливольт до нескольких киловольт в частотном диапазоне до 1—10 МГц.

В некоторых вольтметрах для расширения рабочей области частот детектор располагают непосредственно после входных зажимов. Далее включают УПТ,

к выходу которого подсоедняют измеритель магнитоэлектрической системы с набором добавочных резисторов и шунтов для расширения пределов измерения напряжения. Диапазон измерения таких вольтметров — от долей вольта до нескольких киловольт.

Активная составляющая входного сопротивления электронных вольтметров в зависимости от частоты лежит в пределах от десятков мегаом на звуковых частотах до десятков килоом на метровых и дециметровых волнах, а входная емкость не превышает обычно 10 пФ.

Вольтметры с УПТ позволяют также измерять и постоянные напряжения. Структурная схема такого вольтметра показана на рис. 10-3.

Входная цепь
Входная цепь
УПТ
И

Рис. 10-3.

Различают вольтметры с открытым и закрытым входом. Входная цепь вольтметра с закрытым входом имеет разделительный элемент (конденсатор или трансформатор) и поэтому не реагирует на постоянную составляющую измеряемого напряжения, т. е. он «закрыт» для постоянной составляющей. Вольтметры с закрытым входом удобны для измерения переменных составляющих, например, на коллекторных и анодных нагрузках усилительных каскадов, генераторов и т. п. Вольтметры с открытым входом разделительных элементов не имеют и поэтому применяются для измерения сигналов, содержащих и постоянную составляющую.

В зависимости от типа детектора электронные вольтметры разделяют на квадратичные, пиковые и вольтметры средневыпрямленного значения.

Промышленные аналоговые вольтметры градуированы в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения. Исключение представляют вольтметры, предназначенные для измерения импульсных напряжений, градуировка которых производится в пиковых значениях напряжения. Для правильной оценки результатов измерения нужно знать тип примененного в вольтметре детектора, схему входа и характер градуировки шкалы вольтметра.

u
U_m
U_{m0}
U_0
t
τ
T

Рис. 10-4.

Пример. Требуется измерить напряжение, имеющее форму периодической последовательности однополярных прямоугольных импульсов (рис. 10-4), и определить ожидаемые показания вольтметров типа В4-2, ВК7-9 и В3-10А, если высота импульсов $U_m = 20$ В при скважности $Q = T/\tau = 10$.

Решение. Вольтметры В4-2 и ВК7-9 (с закрытым входом) не реагируют на постоянную составляющую U_0 измеряемого напряжения, которая для рассматриваемого случая определится следующим образом:

$$U_0 = \frac{1}{T}\int\limits_0^T u(t)\,dt = U_m/Q = 20/10 = 2 \text{ В},$$

поэтому при пиковом детекторе показания вольтметров пропорциональны пиковому отклонению вверх измеряемого напряжения над постоянной составляющей, т. е. значению U_{m0}.

Поскольку шкала вольтметра В4-2 градуирована в пиковых значениях измеряемого напряжения, то его показание

$$A_1 = U_{m0} = U_m - U_0 = 18 \text{ В}.$$

Вольтметр типа ВК7-9 должен показать значение

$$A_2 = U_{m0}/\sqrt{2} = 12,7 \text{ В},$$

так как его шкала градуирована в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения.

Вольтметр типа В3-10А на пределах измерения выше 0,3 В имеет открытый вход, детектор средневыпрямленного значения и шкалу, градуированную в среднеквадратических значениях синусоидального напряжения. Так как средневыпрямленное значение

$$U_{\text{ср.в}} = \frac{1}{T} \int_0^T |u(t)|\, dt,$$

то при измерении однополярных импульсов оно совпадает с $U_0 = 2$. Поскольку при градуировке оцифровка шкалы вольтметра В3-10А увеличена в 1,11 раза

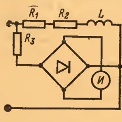


Рис. 10-5.

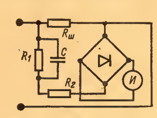


Рис. 10-6.

относительно средневыпрямленного значения калибрующего синусоидального напряжения, его показания должны быть равны $A_3 = 1,11\ U_{\text{ср.в}} = 1,11 \cdot 2 = 2,22$ В.

Для измерения тока применяют амперметры, миллиамперметры и микроамперметры, которые включаются в разрыв цепи, где необходимо измерить ток. В амперметрах применяют такие же измерительные механизмы, что и в вольтметрах. Поэтому широко распространены комбинированные приборы — ампервольтметры, используемые как вольтметры и как амперметры. Для измерения токов с частотами до нескольких мегагерц применяют измерители магнитоэлектрической системы с термоэлектрическими преобразователями. Характер шкал таких амперметров квадратичный. Для измерения токов промышленной частоты (50 Гц) используют измерители электромагнитной системы. Для измерения токов звуковых и ультразвуковых частот пригодны измерители магнитоэлектрической системы с выпрямителями на полупроводниковых диодах (рис. 10-5, 10-6).

Схема, изображенная на рис. 10-5, используется для измерения малых токов. Резисторы R_1 и R_3, служащие для компенсации температурных погрешностей, должны быть выполнены из меди, а R_2 — из манганина. В схеме для измерения больших токов (рис. 10-6) резисторы R_1 и R_2 также выполняются из меди, а резистор $R_ш$ — из манганина. Катушка индуктивности L и конденсатор C необходимы для устранения частотных погрешностей.

В амперметрах для расширения пределов измерения используются шунты — резисторы, подключаемые параллельно рамке (катушке) измерительного механизма. Сопротивления шунтов, включаемых по схеме на рис. 10-7, *а*, рассчитывают по формуле

$$R_{шi} = r_и \left[I_{\text{пред}} / (I_{\text{пред}\, i} - I_{\text{пред}}) \right] = r_и/(n_i - 1),$$

где $I_{пред}$ — ток предельного отклонения указателя при отключенном шунте; $I_{пред\,i}$ — рассчитываемый i-предел измерений; $n_i = I_{пред\,i}/I_{пред}$ — коэффициент расширения i-го предела измерения.

Многопредельный универсальный шунт (рис. 10-7, *б*) рассчитывают на основании формулы

$$n_i = I_{пред\,i}/I_{пред} = (R_{ш\,i} + r_и + R_{д\,i})/R_{ш\,i} = R/R_{ш\,i},$$

где $R_{ш\,i}$ — суммарное сопротивление резисторов, включенных непосредственно между входными зажимами амперметров на i-м верхнем пределе измерения; $R_{д\,i}$ — суммарное сопротивление резисторов, включенных последовательно с рамкой (катушкой) измерителя на i-м пределе измерения; R — общее сопротивление контура «измеритель—резисторы».

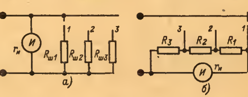


Рис. 10-7.

Для схемы, изображенной на рис. 10-7, *б*: на первом пределе измерения $R_{ш1} = R_1 + R_2 + R_3$, $R_{д1} = 0$; на втором пределе измерения $R_{ш2} = R_2 + R_3$, $R_{д2} = R_1$; на третьем пределе измерения $R_{ш3} = R_3$, $R_{д3} = R_2 + R_1$.

При наличии многопредельного универсального шунта пределы измерения тока можно изменять без обрыва контролируемой цепи. Пределы измерения амперметров с простыми шунтами (рис. 10-7, *а*) можно изменять лишь после выключения тока в измеряемой цепи (или при наличии безобрывного переключателя пределов), так как в противном случае возможны многократная перегрузка измерителя и перегорание его рамки (катушки) или токоподводящих пружин.

Рассмотренные шунты называются индивидуальными, поскольку они рассчитаны на применение с конкретными измерителями. Они могут быть внутренними (помещаемыми внутри корпуса прибора) и наружными, монтируемыми вне корпуса прибора.

Промышленные приборы с индивидуальными шунтами не изготовляются, а выпускаются с взаимозаменяемыми *калиброванными* шунтами, пригодными для подключения к любому измерителю с номинальным падением напряжения на его зажимах (при котором указатель отклоняется до конечного значения шкалы), равным номинальному падению напряжения на шунте. Калиброванные шунты изготовляются с номинальным падением напряжения 60 или 75 мВ, которое указывается на шунте или в паспорте, например «75 мВ 500 А».

Приборы для измерений напряжений и токов

Основные технические характеристики некоторых электронных вольтметров, выпускаемых отечественной промышленностью, приведены в табл. 10-3—10-5.

Таблица 10-3

Электронные аналоговые вольтметры

Тип вольтметра	Конечные значения шкал	Класс точности	Рабочая область частот	$R_{вх}$	$C_{вх}$
В2-25	3; 10; 30; 100; 300; 1000 мкВ	6,0—1,5	Постоянный ток	10—300 МОм	—
	3; 10; 30; 100; 300; 1000 мВ	1,0			
В3-44	10; 30; 100; 300 мВ 1; 3; 10; 30; 100; 300 В	2,5	20 Гц — 20 кГц	20 кОм	60 пФ
В3-42	100; 300 мкВ; 1; 3; 10; 30; 100; 300 мВ;	5,0—20,0; 4,0—10,0	10 Гц — 5 МГц	2,5—5 МОм	15—30 пФ
	300 В (с делителем)	—	—	—	—

Таблица 10-4

Импульсные аналоговые вольтметры

Тип вольтметра	Диапазон измерения	Класс точности	Длительность импульса	Частота повторения импульсов	Скважность импульсов	$R_{вх}$	$C_{вх}$
В4-12	1—1000 мВ; 100 В	4,0—10,0	0,1—300 мкс	50 Гц—100 кГц	2—200 000	1 МОм	10 пФ
В4-14	(с делителем) 0,01—100 В	4,0—10,0	3 нс—100 мкс	25 Гц—50 МГц	—	⩾3 кОм	⩽12 пФ

Радиолюбительские вольтметры на транзисторах. Радиолюбительский универсальный вольтметр (рис. 10-8) имеет конечные значения шкал 1, 10, 50, 250 и 500 В. Основная погрешность не превышает 5%. Рабочая область частот 5 Гц — 25 кГц. Входное сопротивление $R_{вх}$ при измерении напряжения постоянного тока составляет 100 кОм/В и при измерении напряжения переменного тока — 30 кОм/В,

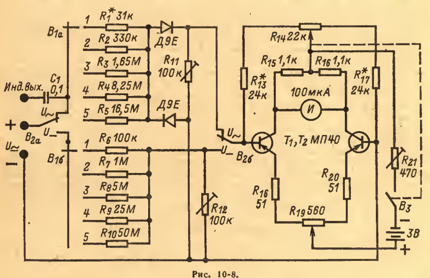


Рис. 10-8.

если транзисторы имеют коэффициент передачи тока 30 и обратный ток коллектора менее 1,5 мкА. Отсчетное устройство — измеритель М265 с током предельного отклонения $I_{пред} = 100$ мкА. В приборе предусмотрен отдельный вход *Инд. вых.*, при подключении которого к контролируемой цепи можно измерять переменную составляющую пульсирующего напряжения. Установка нуля вольтметра производится потенциометром R_{14}.

На рис. 10-9 приведена схема вольтметра постоянного тока с УПТ на полевом транзисторе. Транзистор и резисторы R_5—R_8 образуют мост, в диагональ которого включен измеритель магнитоэлектрической системы *И*, имеющий ток предельного отклонения 100 мкА и сопротивление рамки 1870 Ом. Входное сопротивление вольтметра практически определяется сопротивлением входного дели-

теля напряжения и сопротивлением утечек и равно нескольким мегаомам. Конечные значения шкал вольтметра составляют 1,5 и 20 В. Установку нуля произво-

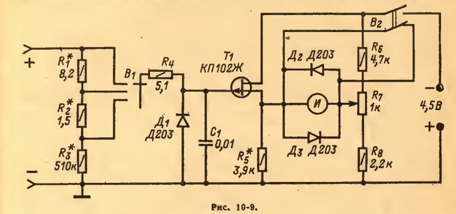


Рис. 10-9.

дят переменным резистором R_7. Диод $Д_1$ предохраняет транзистор от подачи на его затвор отрицательного (относительно корпуса) напряжения, а диоды $Д_2$ и $Д_3$ предохраняют от перегрузок измеритель $И$; электрическое арретирование которого производится замыканием рамки переключателем B_2 при выключении питания.

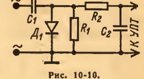


Рис. 10-10.

Для измерения напряжений переменного тока к УПТ нужно подключить пиковый детектор (рис. 10-10) и делитель напряжения. Элементы такого детектора с закрытым входом подбираются в зависимости от типа УПТ и предполагаемой рабочей области частот. При этом должно быть выполнено условие $f_н R_1 C_1 > (10—100)$, где $f_н$ — нижняя частота рабочей области частот вольтметра. Обычно для работы в области частот от 20 Гц до нескольких десятков мегагерц берут конденсатор C_1 с малыми потерями и емкостью, равной (10—30) 10^3 пФ, а резистор R_1 — сопротивлением в несколько десятков мегаом.

Таблица 10-5

Цифровые вольтметры

Тип вольтметра	Диапазон измерения	Погрешность измерения *	Рабочая область частот	$R_{вх}$	$C_{вх}$
ВК2-20	2 мВ — 200 В 0,2 мкА — 2 А	$\leq \pm(0{,}3+0{,}1U_{пред}/U_x)\%$	Постоянный ток	1—100 МОм	—
В4-13	$U_{имп}$: 0,1—150 В	$\pm(0{,}005U_x+0{,}02)$ В	10 Гц — 1 МГц	50; 75; 150; 1000 Ом	—
	$U_{\sim}$: 0,1—130 В	$\pm(0{,}005U_x+0{,}02)$ В	10 Гц — 100 кГц	1 МОм	35 пФ
	$U_{=}$: 0,1—150 В	$\pm(0{,}005U_x+0{,}02)$ В	Постоянный ток	1 МОм	—

* U_x — значение измеряемой величины; $U_{пред}$ — конечное значение диапазона показаний.

Элементы R_2 и C_2 выполняют роль фильтра. Диод $Д_1$ должен быть высокочастотным с небольшой емкостью перехода и обратным напряжением более $2U_m$, где U_m — максимальное значение измеряемого напряжения. Пиковый детектор выполняется обычно в виде выносного пробника.

10-3. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЙ, ЕМКОСТЕЙ И ИНДУКТИВНОСТЕЙ

Методы измерения сопротивлений

Для измерения сопротивлений наиболее распространены метод непосредственной оценки при помощи омметров, характеризуемый простотой отсчета и широкими пределами измерений, и метод сравнения (мостовой), обеспечивающий малую погрешность измерений.

Электромеханические омметры постоянного тока разделяются на две основные группы: с последовательной схемой (рис. 10-11, *а*) для измерения средних и больших сопротивлений (1 Ом и выше) и с параллельной схемой для измерения малых сопротивлений (рис. 10-11, *б*).

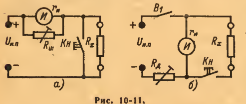


Рис. 10-11.

В качестве отсчетного устройства омметры имеют измеритель магнитоэлектрической системы с током предельного отклонения 50—100 мкА.

Шкалы омметров с последовательной схемой имеют нулевую отметку справа (указатель измерителя устанавливается на эту отметку при замкнутой кнопке *Кн*) и отметку ∞ — слева. Омметры с параллельной схемой имеют нулевую отметку слева, а отметку ∞ — справа. Переменный резистор $R_ш$ служит для установки нуля омметра (при замкнутой кнопке *Кн*), а резистор $R_д$ — для установки отметки ∞ (при разомкнутой кнопке *Кн*). Омметр градуируют по образцовым резисторам. Обычно погрешность омметров составляет 4—10%; на начальном и конечном участках шкалы погрешности значительно возрастают.

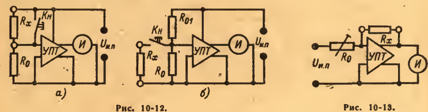


Рис. 10-12. Рис. 10-13.

Электронные омметры строят на базе УПТ. Они представляют собой по сути электронные вольтметры постоянного тока, на входы которых подается напряжение, снимаемое с делителя напряжения, образуемого измеряемым R_x и образцовым R_0 резисторами (рис. 10-12). Возможные изменения напряжения питания $U_{и.п}$ компенсируются изменением коэффициента усиления УПТ при установке нулевой отметки (рис. 9-12, *а* — нуль справа) или отметки ∞ (рис. 10-12, *б* — ∞ справа).

Основным недостатком омметров, схемы которых показаны на рис. 9-11 и 9-12, является неравномерность шкалы. На базе УПТ можно построить электронный омметр с линейной (равномерной) шкалой, если включить образцовый R_0 и изме-

ряемый R_x резисторы, как показано на рис. 10-13. Напряжение на выходе УПТ здесь линейно зависит от измеряемого сопротивления: $|U_{вых}| = (U_{и.п}/R_0)\,R_x$.

Коррекция показаний омметра при изменении напряжения питания $U_{и.п}$ осуществляется изменением сопротивления образцового резистора R_0. Переключение пределов измерения может осуществляться ступенчатым переключением номинальных значений $U_{и.п}$ или R_0.

Омметр с равномерной шкалой (рис. 10-14). Последовательно с источником питания $U_{и.п}$ включены образцовый R_0 и измеряемый R_x резисторы. Если с помощью измерителя *И* с включенным последовательно установочным резистором $R_у$ измерить падение напряжения на образцовом U_0 и измеряемом U_x резисторах, то искомое сопротивление

$$R_x = R_0 U_x / U_0.$$

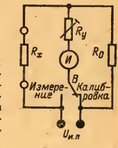


Рис. 10-14.

Следовательно, R_x линейно зависит от сопротивления резистора R_0 и отношения U_x/U_0. Чтобы ускорить получение искомой величины R_x, можно установить переключатель в положение *Калибровка* и регулировкой резистора $R_у$ добиться отклонения стрелки измерителя *И* на всю шкалу; конечную отметку шкалы обозначить единицей. Остальные деления шкалы при этом будут соответствовать долям от сопротивления резистора R_0. Теперь для измерения R_x достаточно переключатель *В* поставить в положение *Измерение* и определить, какую долю от R_0 составляет R_x. Если при установке переключателя *В* в положение *Измерение* стрелка прибора уйдет за шкалу, то следует подобрать образцовый резистор R_0 с большим сопротивлением и повторить операции измерения. Если омметр многопредельный, то вместо одного образцового резистора R_0 берут несколько переключаемых резисторов (по числу пределов измерения), которые для удобства выбирают из ряда 1, 10, 100 и т. д. Общее сопротивление измерителя *И* и резистора $R_у$ должно быть много больше сопротивления резисторов R_x и R_0.

Мостовые методы позволяют осуществлять наиболее точные измерения сопротивлений. Три плеча моста (рис. 10-15) образуют образцовые комплексные сопротивления Z_1, Z_2 и Z_3 (конденсаторы, катушки индуктивности), а четвертое — измеряемое сопротивление Z_x. Баланса добиваются изменением одного или нескольких образцовых сопротивлений. При измерении активных сопротивлений мост питается постоянным напряжением $U_{и.п}$, в качестве индикатора баланса используется гальванометр магнитоэлектрической системы, а плечи моста образуются активными резисторами. При этом

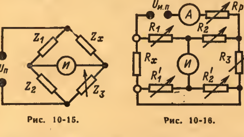


Рис. 10-15. Рис. 10-16.

$$R_x = R_1 R_3 / R_2.$$

При питании моста переменным напряжением индикатором баланса могут служить головной телефон или милливольтметр переменного тока.

Для измерения активных сопротивлений $R_x < 1$ Ом на постоянном токе применяют двойной мост (рис. 10-16). Баланс моста получают изменением сопротивлений образцовых резисторов R_1, R_1', R_2, R_2' и R_3. При точном выполнении условий $R_1 = R_1'$ и $R_2 = R_2'$ сопротивление резистора

$$R_x = (R_1/R_2)\,R_3.$$

Для повышения чувствительности мост питают от мощного источника тока (обычно аккумулятора). Рабочий ток контролируют амперметром.

Измерение сопротивлений методом вольтметра (рис. 10-17). Для определения сопротивления резистора R_x вольтметром измеряют падения напряжений U_0 и U_x на образцовом R_0 и измеряемом R_x резисторах.

Рис. 10-17.

Тогда

$$R_x = (U_x/U_0)\,R_0.$$

Необходимое напряжение источника питания вычисляется по закону Ома с учетом сопротивления резистора R_0, предела измерения вольтметра и предполагаемого сопротивления резистора R_x. Наивысшая точность измерения может быть получена, если $R_0 \approx R_x$. Точность измерения сопротивления зависит также от класса точности вольтметра и образцового резистора. Необходимо соблюдение условий $R_{вх} \gg R_0$; $R_{вх} \gg R_x$, так как погрешность измерения уменьшается с увеличением входного сопротивления вольтметра $R_{вх}$.

Таблица 10-6

Омметры

Тип омметра	Диапазон измерений	Основная погрешность, %
М127	0—2 МОм	±1,5
М372	0,1—50 Ом	±1,5
М503	200 Ом — 100 МОм	±1,0
Е6-5	1 Ом — 9999 кОм	±1 % ±1 ед. счета
Е6-15	0,0001—100 Ом	±1,5
Е6-16	2 Ом — 200 МОм	±1,5
ЕК6-11	30 МОм — 1000 ТОм	±10,0

Электромеханические цифровые омметры выполняют в виде автоматических мостов либо цифровых вольтметров с автоматически перестраиваемой цепочкой образцовых резисторов. Большим быстродействием обладают электронные омметры, использующие время-импульсные методы. Цифровые вольтметры и омметры имеют много общих схемных узлов, что позволяет создавать комбинированные цифровые приборы — вольтомметры.

Основные характеристики некоторых омметров промышленного производства даны в табл. 10-6.

Любительские конструкции измерителей сопротивлений

В любительской практике омметры, выполненные по схемам, изображенным на рис. 9-11, 9-12, обычно используются в составе комбинированных измерительных приборов, например ампервольтомметров. Популярностью у радиолюбителей пользуются простейшие мостовые измерители и омметры с равномерной шкалой.

Простейший мостовой измеритель сопротивлений (рис. 10-18) питается от RC-генератора (R_5, C_1, *Тр*, *Л*$_1$), вырабатывающего сигнал с частотой 1 кГц. В качестве образцовых резисторов R_1, R_2 и R_3, включаемых в одно из плеч моста, рекомендуется применять резисторы повышенной стабильности типа УЛИ, БЛП или МГП с допускаемым отклонением сопротивлений от номинальных значений не более ±1%. Балансировка моста производится переключением этих резисторов и регулировкой потенциометра R_4. Потенциометр снабжен шкалой, которая нане-

сена на диск, укрепленный на оси потенциометра. Индикатором баланса служат головные телефоны. В приборе можно применить малогабаритный трансформатор с отношением числа витков в обмотках от 1 : 1 до 1 : 10. Прибор позволяет измерять сопротивления от 10 Ом до 10 МОм с погрешностью не хуже 10—15%.

Омметр с равномерной шкалой (рис. 10-19). Принцип работы прибора на диапазонах 1—8 поясняет рис. 10-14. Омметр состоит из набора источников постоянного тока (батарея, преобразователь на транзисторах T_1, T_2 и диодах $Д_1$—$Д_{12}$), измерителя магнитоэлектрической системы μ*A* с током предельного отклонения 100 мкА и сопротивлением рамки 500 Ом, переключателя пределов измерения B_2, набора образцовых резисторов R_7—R_{18} и переключателя B_3 *Калибровка—Измерение*. Роль установочного резистора $R_у$ (см. рис. 10-14) выполняют проволочные резисторы R_3 и R_4. На девятом диапазоне омметр работает по последовательной схеме (см. рис. 10-11, *а*). При этом подготовку прибора к измерению и процесс измерения производят в положении переключателя B_3 *Калибровка*. При подготовке к измерению зажимы R_x замыкают накоротко (нуль справа) и резисторами R_3, R_4 устанавливают нуль по второй (неравномерной) шкале омметра. На диапазонах 1—8 можно измерять сопротивления от 0 до 10 МОм с погрешностью в конце шкалы менее 1%. На диапазоне 9 (предел 500 МОм) погрешность показаний неравномерной шкалы не превышает 10%. При наладке прибора образцовые резисторы подбирают с погрешностью менее 1%. Выпрямитель, собранный на диодах $Д_9$—$Д_{12}$,

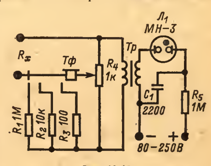


Рис. 10-18.

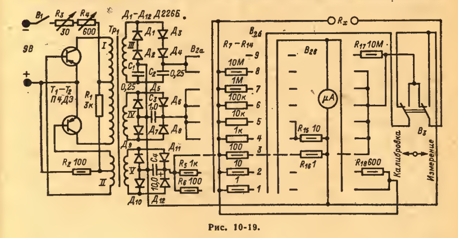


Рис. 10-19.

должен давать напряжение 10 В, выпрямитель на диодах $Д_5$—$Д_8$ — 100 В, а на диодах $Д_1$—$Д_4$ — 1000 В. Магнитопровод трансформатора Ш16×12 выполнен из пластин пермаллоя 50Н. Обмотка *I* содержит 59×2 витков провода ПЭЛ 0,37; обмотка *II* — 60×2 витков провода ПЭЛ 0,16; обмотка *III* — 8000 витков провода ПЭЛ 0,09; обмотка *IV* — 1500 витков провода ПЭЛ 0,12; обмотка *V* — 150 витков провода ПЭЛ 0,16.

Методы измерения емкостей и индуктивностей

Мостовой метод измерения емкости и индуктивности (см. рис. 10-15) применяют для измерения емкостей от нескольких сотен пикофарад до нескольких десятков микрофарад и больших индуктивностей. При этом определяют комплексное сопротивление $Z_x = Z_1Z_3/Z_2$ и вычисляют измеряемую емкость

$$C_x \approx 160\,000/fz_x$$

или индуктивность (при малом активном сопротивлении обмотки катушки)

$$L_x \approx 160z_x/f,$$

где z_x — модуль комплексного сопротивления, кОм; f — частота питающего мост напряжения, кГц; C_x — измеряемая емкость, пФ; L_x — измеряемая индуктивность, мГ.

Мост питают переменным напряжением частотой 500—1000 Гц.

Емкости до 5000 пФ и индуктивности до 100 мГ обычно измеряют резонансным или генераторным методом.

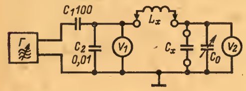


Рис. 10-20.

Резонансный метод измерения емкости (рис. 10-20). Измеряемый конденсатор C_x подключают параллельно образцовому конденсатору переменной емкости C_0, а к зажимам L_x подключают катушку индуктивности. Таким образом создается последовательный колебательный контур, который питается от ГВЧ через емкостный делитель напряжения C_1C_2. Необходимые индуктивность катушки L_x или диапазон частот ГВЧ вычисляют по формулам

$$L_x = 25\,300/[(C_0 + C_x + C_{вх2} + C_м)\,f^2];$$

$$f_{мин} = \sqrt{25\,300/[L_x(C_{0.\,макс} + C_x + C_{вх2} + C_м)]};$$

$$f_{макс} = \sqrt{25\,300/[L_x(C_{0.\,мин} + C_x + C_{вх2} + C_м)]},$$

где $C_{0.\,макс}$ и $C_{0.\,мин}$ — максимальная и минимальная емкости образцового конденсатора, пФ; C_x — предполагаемое значение измеряемой емкости, пФ; $C_{вх2}$ — входная емкость электронного вольтметра V_2, пФ; $C_м$ — емкость монтажа контура, пФ.

Для уменьшения погрешностей измерения необходимо соблюдение условия

$$C_2 \gg (C_{0.\,макс} + C_x + C_{вх2} + C_м).$$

Возможны две методики измерения.

1. При минимальной емкости образцового конденсатора $C_{0.\,мин}$ изменяют частоту генератора до получения резонанса контура (показания электронного вольтметра V_2 должны быть максимальны). При этом полная емкость контура

$$C_к = 25\,300/f^2L_x$$

и

$$C_x = C_к - (C_0 + C_{вх2} + C_м),$$

где f — частота генератора, при которой наступил резонанс, МГц; L — индуктивность контура, мкГ; $C_к$, C_x, C_0, $C_{вх2}$, $C_м$ — емкости, пФ.

2. При максимальной емкости $C_{0.\,макс}$ и невключенном конденсаторе C_x перестройкой частоты генератора добиваются резонанса. Затем подключают измеряемый конденсатор C_x и, не изменяя частоты генератора, перестройкой емкости

конденсатора C_0 снова добиваются резонанса контура. Емкость измеряемого конденсатора

$$C_x = C_{0.\,\text{макс}} - C_{0\,1},$$

где C_{01}—емкость образцового конденсатора C_0 при подключенном конденсаторе C_x.

Расширение пределов измерения при этой методике осуществляется параллельным или последовательным подключением к конденсатору C_0 дополнительных образцовых конденсаторов.

Резонансный метод измерения индуктивности. Измеряемую катушку подключают к зажимам L_x (рис. 10-20). Возможны две методики измерения.

1. При произвольной емкости конденсатора C_0 перестройкой частоты генератора добиваются резонанса контура и вычисляют индуктивность катушки по формуле

$$L_x = 25\,300/[(C_0 + C_{\text{вх}2} + C_{\text{м}})\,f^2].$$

2. При некоторой фиксированной частоте генератора f изменяют емкость конденсатора C_0 до наступления резонанса; L_x вычисляют по той же формуле.

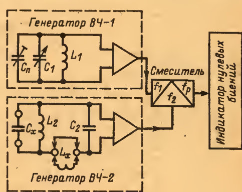


Рис. 10-21.

Генераторный метод измерения емкости и индуктивности (рис. 10-21). При отключенной измеряемой реактивности (C_x или L_x) подстроечным конденсатором $C_п$ приводят к одному значению частоты генераторов ВЧ-1 и ВЧ-2. Равенство частот определяют по нулевым биениям. В качестве индикатора нулевых биений могут быть использованы головные телефоны.

Измеряемый конденсатор C_x подключают параллельно конденсатору C_2 колебательного контура генератора ВЧ-2. Затем емкость конденсатора C_1 изменяют на величину ΔC_1 до получения нулевых биений. Если $L_1 = L_2$, то $C_x = \Delta C_1$.

Для измерения индуктивности после подготовки прибора к работе перемычку снимают и подключают измеряемую катушку L_x. Затем увеличением емкости конденсатора C_1 на величину ΔC_1 снова добиваются нулевых биений. Так как при этом $L_x = (L_1/C_2)\,\Delta C_1$, значения L_x можно отсчитывать по шкале конденсатора C_1.

Рис. 10-22.

Измерение емкости электролитических конденсаторов. Измерение производят низкочастотным измерителем емкостей (например, мостом типа Е12-2). Электролитический конденсатор C_x подключают к измерителю емкости по схеме, изображенной на рис. 10-22. Разделительный конденсатор $C_р$ (бумажный или металлобумажный) должен иметь большие емкость и сопротивление постоянному току. Для уменьшения погрешности измерения нужно, чтобы выполнялись условия

$$C_р \geqslant 0{,}1C_x; \quad R \geqslant 3200/fC_x; \quad U_{C\,\text{ном}} > (U + U_{m\,п}),$$

где R — сопротивление развязывающего резистора, кОм; f — частота напряжения, возникающего на измеряемом конденсаторе C_x при подключении его к изме-

рителю емкости, Гц; C_x — емкость измеряемого конденсатора, мкФ; $U_{C\,\text{ном}}$ — номинальное напряжение электролитического конденсатора, В; $U_{m\text{п}}'$ — амплитуда переменной составляющей напряжения на измеряемом конденсаторе, В.

Измеряемая емкость

$$C_x = C_\text{р}C_\text{и}/(C_\text{р} - C_\text{и}),$$

где $C_\text{и}$ — показание измерителя емкости.

Основные технические характеристики приборов для измерения индуктивностей и емкостей приведены в табл. 10-7.

Таблица 10-7

Приборы для измерения индуктивностей и емкостей

Тип прибора	Диапазон измерений	Основная погрешность
Е3-3	L: 0,01—1000 Г	±3 %
Е7-4	L: 10 мкГ — 100 Г	±3 %
	C: 10 пФ — 100 мкФ	±3 %
Е7-5А	L: 0,05 мкГ — 100 мГ	±2,5 %
	C: 1—5000 пФ	±5 %
Е8-5	C: 10 пФ — 10 мкФ	± (0,001C + 0,5 пФ + 1 ед. сч.) ± (0,002C + 1 ед. сч.)

Среди радиолюбителей наибольшей популярностью пользуются измерители L и C мостового типа с простейшими индикаторами баланса — головными телефонами. Прибор для измерения емкостей или индуктивностей может быть построен по схеме, аналогичной изображенной на рис. 10-18, при замене резисторов конденсаторами или катушками.

10-4. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЭЛЕКТРОРАДИОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Электромеханические ампервольтомметры

В большинстве электромеханических вольтметров, амперметров и омметров применяются высокочувствительные измерители магнитоэлектрической системы. Поэтому целесообразно использовать один такой измеритель в единой конструкции для измерения напряжений, токов и сопротивлений. Такие комбинированные приборы получили название **ампервольтомметров** (табл. 10-8). Часто их называют также **авометрами** и **тестерами**.

На рис. 10-23 в качестве примера приведена схема авометра типа Ц4325; его измеритель имеет ток предельного отклонения 24 мкА. Стабилитроны $Д_1$ и $Д_2$ предохраняют измеритель от перегрузок.

Радиотестеры

Электронные вольтметры и омметры имеют общий узел — УПТ (см. рис. 10-3, 10-12), поэтому экономически выгодно создание комбинированных электронных приборов **вольтомметров**. На базе вольтметра с УПТ может быть также создан комбинированный прибор (радиотестер) для измерения напряжений, сопротивлений, емкостей и индуктивностей. Рассмотрим радиотестер ВК7-3, схема которого представлена на рис. 10-24. При измерении сопротивлений здесь используется цепь, подобная изображенной на рис. 10-12, *б*. Аналогичная цепь приме-

Осциллографический метод применяют для измерения частот синусоидальных и импульсных напряжений до 100 кГц. Для измерения частот синусоидальных сигналов удобен м е т о д и н т е р ф е р е н ц и о н н ы х ф и г у р (фигур Лиссажу). Для измерения частоты необходимы образцовый генератор и осциллограф (рис. 10-36). Частоту f_0 образцового генератора *Г* изменяют до получения устойчивого изображения фигуры Лиссажу (например, изображенной на рис. 10-37). Устойчивое изображение наблюдается при определенных отношениях

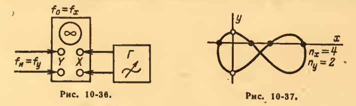


Рис. 10-36. Рис. 10-37.

частот, для нахождения которых поступают следующим образом. Через изображение полученной фигуры мысленно проводят две линии — горизонтальную x и вертикальную y, не проходящие через узлы фигуры (рис. 10-37). Отношение числа пересечений фигуры с горизонтальной линией n_x к числу пересечений с вертикальной линией n_y равно отношению периодов напряжений, поданных на соответствующие входы осциллографа ($n_x/n_y = T_x/T_y$), или обратно отношению частот этих напряжений ($n_x/n_y = f_y/f_x$). Метод применим при отношении частот, меньшем 5.

Метод разрывов. Для измерения частоты по этому методу кроме образцового генератора *Г* необходим фазорасщепитель *Ф* (рис. 10-38) — устройство, на выходе которого получают два напряжения одной частоты, взаимно сдвинутые по фазе на 90°. Эти напряжения обеспечивают круговую развертку луча электронно-лучевой трубки осциллографа. Осциллограф должен иметь вход, соединенный непосредственно или через усилитель с управляющим электродом электронно-лучевой трубки осциллографа (вход *Z*). Напряжение, частота $f_и$ которого должна быть измерена, подают на этот вход. Измерение $f_и$ сводится к процессу перестройки частоты образцового генератора f_0 до получения устойчивого изображения окружности (или эллипса) с чередующимися светлыми и темными

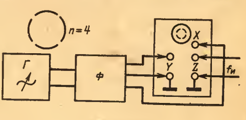


Рис. 10-38.

дугами. Подсчитав число разрывов n, вычисляют измеряемую частоту: $f_и = nf_0$. На рис. 10-38 для примера показано изображение, соответствующее $n = 4$. Для исключения ошибки неоднозначности необходимо отрегулировать осциллограф так, чтобы под действием исследуемого импульсного напряжения происходило «гашение» изображения (часть окружности получалась темной). При измерении этим методом частоты синусоидального напряжения следует получить устойчивые фигуры с примерно равными светлыми и темными дугами.

Метод разрывов позволяет уверенно измерять частоты в 10—15 раз большие, чем максимальная частота образцового генератора ($n \leqslant 10 \div 15$).

Резонансный метод. Во всем диапазоне радиочастот для измерения частоты широко используют резонансные свойства электрических цепей.

Р е з о н а н с н ы е ч а с т о т о м е р ы (или волномеры) состоят из колебательной цепи, настраиваемой в резонанс на измеряемую частоту $f_и$, и индикатора резонанса (рис. 10-39).

В резонансном волномере к исследуемому источнику сигналов (например, к контуру генератора) приближают катушку индуктивности колебательного контура волномера или соединяют его через конденсатор небольшой емкости C_c. Контур волномера настраивают в резонанс изменением емкости образцового конденсатора C. Момент резонанса определяют по максимальному показанию электронного вольтметра переменного тока V с большим входным сопротивлением и малой входной емкостью. При известной индуктивности катушки L частота исследуемого источника сигнала

$$f_и = 159/\sqrt{LC},$$

где $f_и$ выражена в мегагерцах, L — в микрогенри, C — в пикофарадах.

Прибор обычно снабжают градуировочными графиками $f_и = F(C)$ или таблицами, которые изготавливают при градуировке.

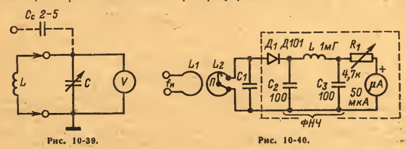


Рис. 10-39.

Рис. 10-40.

Резонансный волномер диапазона УКВ представлен на рис. 10-40. Индуктивность контура L_2 представляет собой кольцо или шлейф из толстого медного провода. Резонансная частота контура определяется размерами кольца и положением ползунка $П$, а также емкостью конденсатора C_1. Диод $Д_1$, ФНЧ (C_2C_3L), резистор R_1 и микроамперметр магнитоэлектрической системы образуют индикатор резонанса; катушка L_1 — виток связи.

Возможны иные конструкции резонансного контура волномера диапазона УКВ. Например, изменение индуктивности контура можно производить введением в катушку индуктивности диамагнитного сердечника или осуществлять его перестройку переменным конденсатором малой емкости при постоянной индуктивности контура.

В диапазоне УКВ для измерения длины волны применяют также двухпроводные и коаксиальные измерительные линии, разомкнутые или короткозамкнутые на одном конце. Энергия сигнала, длина волны которого измеряется, подводится к другому концу линии.

Разомкнутая (или замкнутая) линия характеризуется тем, что в ней устанавливаются стоячие волны напряжений и тока. Расстояние между ближайшими минимумами (или максимумами) напряжения и тока равно полуволне ($\lambda/2$) сигнала, подведенного к линии. Места расположения этих минимумов (или максимумов) находят при помощи перемещаемых вдоль линии простейших выпрямительных вольтметров (аналогичных вольтметру, изображенному на рис. 10-40), которые имеют с измерительной линией индуктивную или емкостную связь.

Частотомеры промышленного изготовления

В промышленных частотомерах кроме перечисленных методов широко распространены электронно-счетные методы измерения частоты (ЭСЧ). Основные технические характеристики некоторых частотомеров промышленного изготовления приведены в табл. 10-10.

Таблица 10-10

Частотомеры

Тип частотомера	Диапазон измерений	Погрешность измерения	Чувствительность (напряжение или мощность на входе)	Метод измерения
Ч3-1	10 Гц — 200 кГц	±2%	4—200 В	Конденсаторный
Ч3-7	10 Гц — 500 кГц	±2%	0,1—300 В	Конденсаторный
Ч4-1	0,125 — 20 МГц	⩽ 400 Гц	1 В	Гетеродинный
Ч4-9	20 МГц — 1 ГГц	$\pm 5 \cdot 10^{-6}$	0,05 В	Гетеродинный
Ч2-1А	0,8 — 12 МГц	±0,25%	1 мВт	Резонансный
Ч2-2	40 — 180 МГц	±0,5%	0,8 мВт	Резонансный
Ч3-41	10 Гц — 200 МГц	$\pm 5 \cdot 10^{-9}$ ±1 ед. сч.	0,1—20 В	Электронно-счетный

Гетеродинные индикаторы резонанса

Гетеродинные индикаторы резонанса (ГИР) широко применяются в радиолюбительской практике при налаживании радиоприемных и радиопередающих устройств. Их можно использовать как маломощный источник сигналов, частотомер, индикатор напряженности поля, измеритель емкостей и индуктивностей. Основой ГИР является маломощный генератор радиочастот, объединенный конструктивно с чувствительным вольтметром переменного тока или измерителем тока магнитоэлектрической системы. Иногда ГИР входят в сложные комбинированные измерительные приборы.

Схема транзисторного ГИР на диапазон ВЧ 4—30 МГц представлена на рис. 10-41. Катушка индуктивности L_1 выполнена на каркасе ⌀ 5 мм и содержит 5 ÷ 15 витков, намотанных в один слой проводом ПЭЛ 0,29. Внутрь каркаса введен сердечник М600НН диаметром 2,8 и длиной 12 мм. Конденсатор C_1 — двухсекционный фирмы «Тесла», секции соединены параллельно. Для расширения диапазона измерений можно изготовить несколько сменных катушек индуктивности.

Рис. 10-41.

Наличие колебаний в контуре и их относительную амплитуду определяют простейшим вольтметром переменного тока, в который входят диод $Д_1$, микроамперметр μA и резистор R_1. Вольтметр подключен к контуру через конденсатор малой емкости C_3. Чувствительность вольтметра регулируется переменным резистором R_1.

Измерение собственной частоты колебательного контура. Перед началом измерения замыкают цепь питания транзистора, и ГИР переводят в режим непрерывной генерации. Катушка ГИР, жестко укрепленная на его корпусе, индуктивно связана с исследуемым контуром. Изменением емкости конденсатора C_1 настраивают контур ГИР на резонансную частоту $f_{рез}$. Момент резонанса опреде-

ляют по резкому уменьшению показаний вольтметра, вызванному отсосом энергии из контура ГИР исследуемым контуром. Для повышения точности измерений связь с контуром ГИР должна быть минимально возможной. Частота собственных колебаний исследуемого контура определяется по шкале отсчетного устройства конденсатора C_1.

Измерение индуктивности L_x. Собирают колебательный контур из измеряемой катушки индуктивности и конденсатора известной емкости C_0. Используя ГИР, определяют собственную частоту колебаний этого контура $f_{рез}$. Искомая индуктивность

$$L_x = 25\,300/C_0 f_{рез}^2,$$

где L_x выражена в микрогенри, C_0 — в пикофарадах и $f_{рез}$ — в мегагерцах.

Измерение емкости C_x. Для измерения необходимо иметь катушки известных индуктивностей L_0. Измерение производят аналогично измерению L_x, а емкость вычисляют по формуле

$$C_x = 25\,300/L_0 f_{рез}^2.$$

Гетеродинный индикатор резонанса можно использовать как сигнал-генератор при настройке радиоприемников и телевизоров. Для получения АМ сигналов на вход *А* ГИР следует подать небольшое (примерно 0,5 В) напряжение от звукового генератора или низковольтного источника промышленной частоты.

Гетеродинный индикатор резонанса при выключенном коллекторном напряжении применяют также как резонансный волномер или индикатор электромагнитного поля для налаживания радиопередатчиков или его антенно-фидерных цепей.

10-7. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

Генераторы низких частот

Измерительными генераторами (ИГ) называют устройства, вырабатывающие испытательные электрические сигналы различной частоты, амплитуды и формы. В диапазоне НЧ (20 Гц — 20 кГц) наибольшее применение находят ИГ синусоидальных сигналов, которые в зависимости от типа задающего генератора подразделяются на *LC-* и *RC*-генераторы и генераторы на биениях.

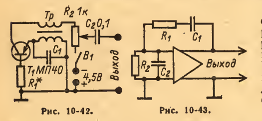


Рис. 10-42. Рис. 10-43.

LC-генератор представляет собой самовозбуждающееся устройство с колебательным контуром, состоящим из катушки индуктивности и конденсатора. Частота собственных колебаний контура f [Гц] определяется индуктивностью L [Г] и емкостью C [мкФ]:

$$f = 159/\sqrt{LC}.$$

Для получения НЧ сигналов необходимо использовать большие индуктивности и емкости, что затрудняет создание малогабаритного генератора, перестраиваемого в диапазоне частот. Поэтому *LC*-генераторы обычно выполняют на одну или несколько фиксированных частот, которые устанавливаются переключением конденсаторов контура.

Простой задающий *LC*-генератор низкой частоты (рис. 10-42). Частота генератора зависит от параметров трансформатора *Тр* и емкости конденсатора C_1. Форма сигнала регулируется подбором сопротивления резистора R_1. Переменный резистор R_2 выполняет роль регулятора выходного напряжения.

RC-**генераторы** нашли наибольшее применение, поскольку имеют достаточно хорошую стабильность, небольшой коэффициент гармоник и просты по устройству. Основой *RC*-генератора является усилитель, охваченный ПОС через фазосдвигающую цепь, обеспечивающую генерацию сигнала синусоидальной формы. Установку необходимой частоты выходного сигнала осуществляют изменением сопротивлений резисторов или емкостей конденсаторов, входящих в фазосдвигающую цепь.

Частота генератора с двухкаскадным усилителем (рис. 10-43) определяется из выражения

$$f = 159/\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2},$$

где f выражена в килогерцах; R_1, R_2 — в килоомах; C_1C_2 — в микрофарадах.

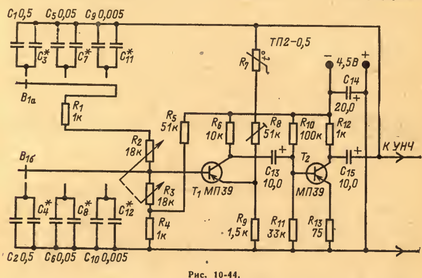


Рис. 10-44.

Если сопротивления резисторов и емкости конденсаторов фазосдвигающей цепи равны между собой, т. е. если $R_1 = R_2 = R$ и $C_1 = C_2 = C$, то

$$f = 159/RC.$$

В этом случае коэффициент усиления усилителя по напряжению при разомкнутой цепи ПОС должен быть равен 3. Поскольку двухкаскадные резисторно-конденсаторные усилители имеют значительно большее усиление, представляется возможным введением в такой генератор ООС (автоматически регулируемой), что способствует получению сигналов более стабильных по амплитуде и лучших по форме.

RC-**генератор с диапазоном частот 20 Гц — 20 кГц** (рис. 10-44). Терморезистор R_7 и резисторы R_8, R_9 образуют цепь ООС, которая автоматически поддерживает выходное напряжение генератора на выбранном уровне. Синусоидальная форма этого напряжения устанавливается подстроечным резистором R_8. Емкости конденсаторов C_3^*, C_4^*, C_7^*, C_8^*, C_{11}^*, C_{12}^* подбирают при подгонке поддиапазонов частот генератора к единой для всех поддиапазонов шкале прибора. Шкалу (или указатель шкалы) укрепляют на оси спаренного переменного резистора R_2R_3, которым производится плавная перестройка частоты генерируемых сигналов.

Однокаскадный *RC*-генератор с параметрами, указанными на рис. 10-45, вырабатывает сигналы частотой 1000 Гц. Изменение частоты в пределах 850—1100 Гц производится подстроечным резистором R_4. Резистор R_6 подбирают при настройке генератора. Его сопротивление зависит от типа применяемого трансформатора *Тр*. Усилитель однокаскадного генератора должен иметь коэффициент усиления по напряжению $K \geqslant 19$ при показанной четырехзвенной фазосдвигающей цепи и $K \geqslant 29$ при аналогичной трехзвенной цепи.

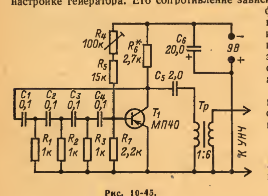


Рис. 10-45.

Если $R_1 = R_2 = R_3 = R_7 = R$ и $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = C$ частота генерируемых сигналов в генераторе с трехзвенной цепью

$$f \approx 65/RC,$$

а в генераторе с четырехзвенной цепью

$$f \approx 133/RC,$$

где f выражена в герцах, R — в килоомах и C — в микрофарадах.

Измерительный генератор комплекта измерительных приборов «Спутник радиолюбителя» (рис. 10-46). Генератор выполнен по схеме, аналогичной рис. 10-43, и дает восемь фиксированных частот: 100, 400 Гц; 1; 3; 5; 8; 10 и 15 кГц с погрешностью, не превышающей ±20%. Выходные напряжения: регу-

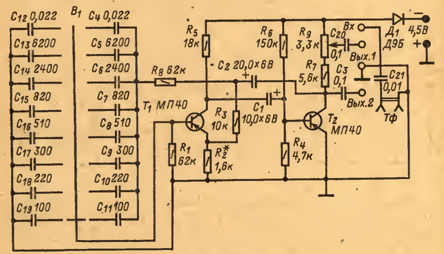


Рис. 10-46.

лируемое на зажимах *Вых.1* не более 0,25 В (при нагрузке 3200 Ом); нерегулируемое на зажимах *Вых.2* 0,7 В. Гнезда *Вх* и *Тф* позволяют использовать генератор как пробник при проверке целостности электрических цепей. При необходимости иметь плавную перестройку частоты резисторы R_8 и R_1 нужно заменить спаренным переменным резистором (см. рис. 10-44).

Измерительный ГНЧ иа биениях (рнс. 10-47). Сигнал НЧ в этом генераторе получают путем выделення смесителем н ФНЧ сигнала разностной частоты двух близких по частоте (около 200 кГц) ВЧ генераторов $Г_1$ и $Г_2$. Основные достоинства генераторов на биениях — высокая стабильность частоты сигнала и возможность очень тонкой ее перестройки.

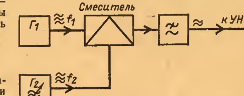


Рис. 10-47.

Генераторы высоких частот

Измерительные ВЧ генераторы являются маломощными источниками незатухающих и модулированных электрических сигналов. Задающие генераторы этих приборов выполняют с колебательными *LC*-контурами. В приборах диапазона УКВ в качестве колебательных контуров применяют отрезки длинных линий (см. § 1-2). Погрешность по частоте измерительных генераторов достигает ±1—2%.

Простой ГВЧ иа транзисторах (рис. 10-48). Генератор может работать в режиме незатухающих колебаний (выключатель $В_2$ разомкнут) или с амплитудной модуляцией (выключатель $В_2$ замкнут). Частота сигнала ВЧ определяется параметрами элементов колебательных контуров, а частота модулирующего напряжения (обычно 400 или 1000 Гц) — параметрами трансформатора *Тр* и конденсатора C_3.

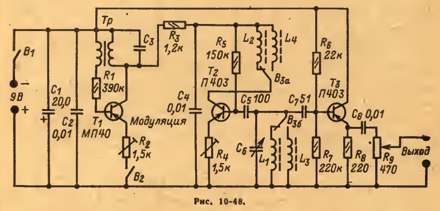


Рис. 10-48.

Генераторы ВЧ, стабилизированные кварцами, более стабильны по частоте. Частота колебаний таких генераторов в основном определяется параметрами применяемых кварцевых резонаторов. С целью получения сетки фиксированных частот нередко используют гармоники основной частоты резонатора. Кварцевые резонаторы широко применяют в кварцевых калибраторах (КК) или опорных кварцевых генераторах, т. е. в приборах, предназначаемых для проверки градуировки радиопередающих и радиоприемных устройств в ряде опорных точек их шкал.

Для проверки и градуировки шкалы частот радиопередатчиков используют метод нулевых биений. При проверке радиоприемников кварцевый калибратор используют как генератор сигналов фиксированной частоты. Если проверяемый приемник не имеет второго, телеграфного гетеродина, о настройке судят по элек-

тронно-световому индикатору или предусматривают в КК амплитудную модуляцию ВЧ сигналов. Структурная схема кварцевого калибратора дана на рис. 10-49.

Простой кварцевый калибратор (рис. 10-50). Генератор на транзисторе T_1 с кварцевым резонатором *Кв* создает колебания с частотой 100 кГц. Колебательный контур в цепи коллектора настраивают на эту частоту сердечником катушки L_2. Искажение формы колебаний для получения большого числа (до 60—80) гармоник осуществляют подбором сопротивления резистора R_1. Роль смесителя выполняет диод $Д_1$. На транзисторе T_2 выполнен усилитель напряжения биений.

Рис. 10-49.

Зажим (или коаксиальное гнездо) *Ан* служит для подключения элемента связи КК с проверяемым радиопередатчиком или радиоприемником. Для повышения точности измерения связь кварцевого калибратора с проверяемым передатчиком должна быть минимальной.

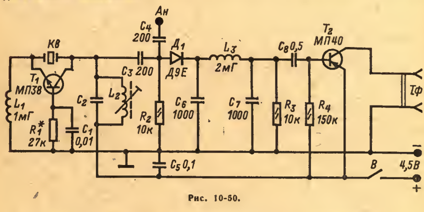


Рис. 10-50.

Основные технические характеристики некоторых измерительных генераторов синусоидальных сигналов и кварцевых калибраторов промышленного изготовления приведены в табл. 10-11.

Генератор полос для настройки телевизоров

Качество работы телевизионного приемника в значительной мере определяется нелинейностью разверток приемника по горизонтали и вертикали. Для определения коэффициента нелинейности разверток может быть использована испытательная таблица ТИТ-0249, которая передается телевизионными передатчиками перед началом работы студий телевидения. Для определения этих коэффициентов следует измерить стороны прямоугольников таблицы Б2 и Б7 по горизонтали (размеры *Г*) и Б2, Д2 по вертикали (размеры *В*), а затем произвести вычисления по формулам

$$\rho_Г = 200\,(Г_{макс} - Г_{мин})/(Г_{макс} + Г_{мин});$$

$$\rho_В = 200\,(В_{макс} - В_{мин})/(В_{макс} + В_{мин}),$$

где $\rho_Г$ и $\rho_В$ — коэффициенты нелинейности разверток соответственно по горизонтали и вертикали, выраженные в процентах.

Таблица 10-11

Измерительные генераторы и кварцевые калибраторы

Тип прибора	Диапазон частот	Среднеквадратическое значение выходного напряжения или мощность	Основная погрешность по частоте	Тип задающего генератора
Г3-104 *	20 Гц—40 кГц	1,5 Вт	$\pm(0{,}01f+2)$ Гц	На биениях
Г3-105 **	10 Гц—2 МГц	1 В	$\pm 5\cdot 10^{-7}f$	Кварцевый
Г3-106 ***	20 Гц—200 кГц	5 В	$\pm(0{,}03f+0{,}3)$ Гц	*RC*
Г4-102	0,1—50 МГц	0,5 В	$\pm(250\cdot 10^{-6}f+50)$ Гц	*LC*
Г4-107	12,5—400 МГц	1 В	$\pm 0{,}01f$	*LC*
Ч2-5	0,1; 1; 2,5; 10; 100 кГц; 1 МГц	1 В	$\pm 5\cdot 10^{-7}f$	Кварцевый
Ч4-1	0,125—20 МГц (0,125*n* МГц)	—	$\pm 0{,}02\%$	Кварцевый калибратор

* Коэффициент гармоник не более 1,5%.
** Коэффициент гармоник не более 2%.
*** Коэффициент гармоник не более 1%.

Однако из-за кратковременности передачи таблицы использование ее для настройки телевизора не всегда возможно. Поэтому для подобных целей целесообразно изготовить генератор полос, т. е. генератор прямоугольных видео- или радиоимпульсов, частота следования которых в целое число раз (*n*) выше частоты

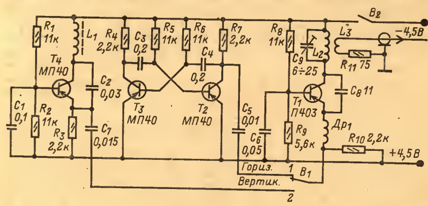


Рис. 10-51.

строчной (для генератора вертикальных полос) или кадровой (для генератора горизонтальных полос) развертки. Выход генератора видеоимпульсов подключают ко входу видеоусилителя, а выход генератора радиоимпульсов — к входу настраиваемого телевизора. Таким образом, в конечном счете испытательные сигналы поступают на входы генераторов строчной и кадровой разверток и на модулирующий электрод (или катод) электронно-лучевой трубки, вызывая на ее экране чередующиеся светлые и темные полосы. При скважности импульсов,

равной 2, на экране кинескопа возникают светлые и темные полосы одинаковой толщины (при большой скважности импульсов светлые или темные полосы могут превращаться в линии). Синхронизацию частоты строчного и кадрового генераторов осуществляют ручками *Частота строк* и *Частота кадров* по импульсам генератора полос. При устойчивой синхронизации на экране телевизора должно наблюдаться n светлых (или темных) полос (или линий).

Простой транзисторный генератор полос (рис. 10-51) содержит генератор на транзисторе T_1, работающий на несущей частоте сигнала изображения одного из телевизионных каналов; генератор-модулятор горизонтальных полос, работающий на частоте 400 Гц (симметричный мультивибратор на транзисторах T_2 и T_3); генератор-модулятор вертикальных полос, работающий на частоте 156 кГц (LC-генератор на транзисторе T_4).

Выход прибора соединяют с антенным гнездом телевизора отрезком коаксиального кабеля. При этом на вход телевизора поступают радиоимпульсы, несущая частота которых, определяемая параметрами элементов контура C_9L_2, соответствует частоте сигнала изображения одного из телевизионных каналов; телевизор должен быть включен на этом канале.

Переключатель генератора полос B_1 устанавливают в положение *Гориз.* и ручкой телевизора *Частота кадров* добиваются устойчивого изображения восьми горизонтальных полос ($n = 8$; $f_{кадр} = 50$ Гц). При линейной кадровой развертке расстояние между полосами должно быть одинаковым. Для проверки линейности по строкам переключатель B_1 переводят в положение *Вертик.* и ручкой телевизора *Частота строк* добиваются устойчивого изображения десяти вертикальных полос ($n = 10$; $f_{стр} = 15{,}6$ кГц). При линейности строчной развертки расстояние между соседними полосами должно быть одинаковым.

При наличии измерительного генератора УКВ диапазона (например, Г4-17) и генератора ГНЧ с диапазоном до 200 кГц (например, Г3-33) может быть создан генератор полос, аналогичный изображенному на рис. 10-51. Для этого генератор УКВ переводят в режим внешней амплитудной (или импульсной) модуляции с несущей, равной частоте сигнала изображения одного из телевизионных каналов, а в качестве внешнего модулятора применяют ГНЧ. Частоту модулирующего напряжения выбирают из условия $f_м = nf_р$, где $f_р$ — частота развертки телевизора (по горизонтали или вертикали); n — желаемое число темных (светлых) полос по горизонтали или вертикали соответственно.

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ И МОНТАЖ РЭА

РАЗДЕЛ 11

СОДЕРЖАНИЕ

11-1. КОМПОНОВКА ЭЛЕМЕНТОВ РЭА

Предварительный анализ работы устройства

Принципиальная электрическая схема дает представление только о принципе работы устройства, но не о его конструкции. Множество же сложиых взаимных связей между элементами, определяемых размещением нх в пространстве нли иа плоскости, показать на принципиальной схеме нельзя. Размещение элементов принято называть **к о м п о н о в к о й** (от латинского componere — складывать).

Наиболее распространенной ошнбкой начинающего радиолюбителя-конструктора является то, что при компоновке элементов он стремится получить как можно меньшие габариты устройства, пренебрегая возможными паразитными взаимосвязями между элементами различных каскадов, располагая элементы без учета принципа их работы. Чтобы не допустить таких ошибок, необходимо прежде всего тщательно рассмотреть возможные варианты компоновки элементов.

Наиболее трудно выполнить компоновку усилителей (особенно высокочастотных), проще всего — источников питания. При этом необходимо помнить следующее:

1. Компоновка усилителя тем сложнее, чем выше его коэффициент усиления и рабочая частота, чем шире полоса частот, чем больше в нем каскадов и диапазонов.

2. Компоновка генератора (гетеродина приемника, измерительного генератора, передатчика и т. п.) тем сложнее, чем выше частота, на которой он работает, чем больше число частотных поддиапазонов, чем выше требуемая стабильность частоты и мощность.

3. Компоновка устройств питания достаточно проста для транзисторной аппаратуры. Для ламповой аппаратуры она тем сложнее, чем выше должна быть стабильность выходных напряжений или токов, чем больше напряжение или ток нагрузки, чем больше число выходов. Изменение компоновки (перекомпоновка) источников питания почти не сказывается на их работе, в генераторах заметна неудачная компоновка, а в усилителях может оказаться причиной полного нарушения их нормальной работы. Часто причинами таких нарушений в УВЧ может быть всего лишь некоторое увеличение длины проводника, его недостаточная экранировка и другие незначительные, на первый взгляд, изменения в компоновке элементов.

При компоновке элементов нового или перекомпоновке элементов проверенного в работе устройства (прибора) необходимо проанализировать задачу в такой последовательности:

1. Исходя из назначения устройства (усилитель, генератор, источник питания), оценить ожидаемую сложность компоновки элементов.

2. Продумать необходимость применения экранов и развязывающих фильтров между каскадами и предусмотреть место для их установки.

3. Оценить особенности монтажа элементов и регулировки устройства как по частям, так и в целом, обеспечивающих нормальную эксплуатацию устройства.

4. Предусмотреть все механические крепления и места под винты и гайки, заклепки и т. д.

5. Выполнить эскиз компоновки элементов устройства с органами управления и индикаторами.

На основе такого анализа получится несколько эскизных вариантов компоновки элементов и конструкции в целом, которые позволят наметить пути рационального конструирования и избежать многих ошибок.

Группировка элементов и компоновочная модель

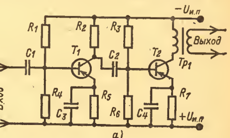
После того как определены основные показатели намеченной к конструированию РЭА и разработана или выбрана ее принципиальная схема, надо продумать: целесообразно ли выполнить устройство на одной монтажной панели или разделить РЭА на блоки, функциональные части, функциональные группы.

Отметим особенности компоновки РВ и ТВ приемников, поскольку они являются наиболее распространенными объектами радиолюбительского творчества.

Современное стационарное устройство для приема радиовещательных передач обычно состоит из следующих функциональных частей: настроечного блока, в состав которого входят преобразователи частоты, УПЧ с системой АРУ, детекторы, а при необходимости еще и УВЧ (см. разд. 2); УНЧ (см. § 4-2); блок питания (трансформатор, выпрямитель, сглаживающий фильтр, стабилизатор — см. разд. 9). Каскады предварительного усиления УНЧ нередко выделяют в самостоятельный конструктивный узел.

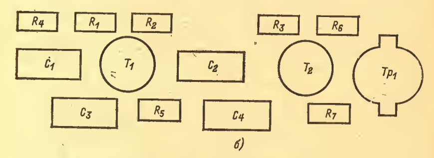
В случае стереофонического устройства добавляется стереодекодер и второй УНЧ, причем оба УНЧ бывает целесообразным скомпоновать в единую конструкцию вместе с коммутатором видов работы. Все перечисленные части вместе с устройством для проигрывания грампластинок, если конструируется радиола, размещают в общем футляре. Головки громкоговорителей стереофонической системы располагают в двух отдельных футлярах (см. § 4-5). В последнее время намечается тенденция выполнять в отдельном футляре и громкоговоритель монофонического радиоприемника.

Если конструируется магнитола или магнитофон при имеющемся радиоприемном устройстве, целесообразно предусмотреть использование последних каскадов УНЧ приемника и громкоговорителя (громкоговорителей) также для воспроизведения записей с магнитной ленты.



Высокочастотные части и УНЧ переносных радиовещательных приемников и приемников для радиоспорта обычно компоиуют вместе.

Для телевизионного приемника (см. разд. 3) компонуют отдельно блоки УПЧИ, УПЧЗ, усилителя видеосигналов и детекторов; блок разверток и синхронизации; УНЧ, блок пита-



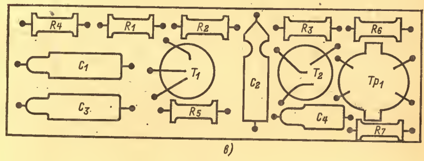


Рис. 11-1.

ния, а для цветного телевизора, кроме того, блок цветности. Заниматься конструированием и изготовлением селекторов телевизионных каналов в настоящее время нецелесообразно, так как это очень трудоемкая работа, а они имеются в продаже и по сравнению с общей стоимостью телевизора цена их невелика.

Компоновку элементов РЭА или ее частей и блоков рекомендуется выполнять в такой последовательности: перечертить принципиальную схему устройства (блока, функциональной части, функциональной группы) с учетом рациональной компоновки, сгруппировать пассивные элементы вокруг соответствующих активных элементов (транзисторов, электронных ламп), учитывая их особые компоновочные характеристики (например, расположение только верти-

кальное или горизонтальное, только сверху или только снизу платы и т. д.), и, наконец, составить окончательный вариант принципиальной схемы устройства (блока, функциональной части) для компоновки.

На рис. 11-1, *а* показана схема двухкаскадного УНЧ на транзисторах, в том виде, как ее обычно вычерчивают. На ее основе нетрудно сгруппировать элементы, составив схему их группировки (рис. 11-1, *б*). С учетом компоновочных характеристик элементов, учитывая их установку в РЭА, и возможного введения развязывающих фильтров можно составить компоновочный эскиз (рис. 11-1, *в*), который и послужит основой для разработки конструкции устройства в целом.

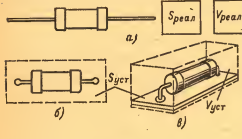
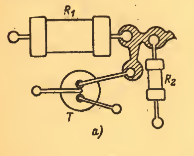


Рис. 11-2.

Из компоновочного эскиза видно, что между размерами элементов и размерами монтажной платы (или устройства) существует заметная разница. Увеличение размеров РЭА по сравнению с размерами составляющих ее элементов зависит от многих причин, главнейшими из которых являются электрические, магнитные и тепловые поля вокруг работающих элементов, которые могут быть причиной паразитных связей, нарушающих нормальную работу устройства, и необходимость дополнительного пространства в конструкции для механических и электрических соединений элементов, для размещения органов управления и индикаторов (осей и ручек управления, шкал, индикаторных лампочек). Поэтому для компоновки следует использовать не геометрические модели элементов, размеры которых равны размерам элементов, а модели в виде их установочных объемов или площадей.



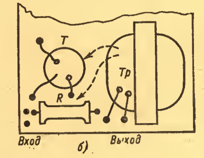


Рис. 11-3.

На рис. 11-2, *а* показан резистор, а рядом с ним в виде прямоугольников его реальные площадь $S_{реал}$ и объем $V_{реал}$. Рассчитанные с учетом требований монтажа и нагрева резистора установочная площадь (рис. 11-2, *б*) и установочный объем $V_{уст}$ (рис. 11-2, *в*) оказываются значительно бо́льшими. Если этого не учесть при компоновке элементов, то их нормальная работа может нарушиться. Например, размещение резистора МЛТ-2 (R_1 на рис. 11-3, *а*) рядом с резистором ВС-0,125 (R_2) и транзистором T создает условия для сильного перегрева последних, а это может стать причиной нарушения нормальной работы устройства и даже выхода транзистора T и резистора R_2 из строя.

Нельзя также располагать рядом элементы входных и выходных цепей. Так, если в усилителе по схеме рис. 11-1 на плате рядом окажутся трансформатор *Тр* с резистором *R* первого каскада, это может привести к самовозбуждению усилителя, устранить которое будет трудно.

Если радиолюбитель-конструктор уже имеет опыт по сборке и налаживанию аппаратуры, то приближенно установочные площади или объемы элементов можно определить, разделив соответственно общую площадь печатной платы или занимаемый ею объем на число элементов ранее выполненных им конструкций. Такие данные послужат хорошей основой для обоснованных компоновочных расчетов новых конструкций.

Выбор типа электромонтажных соединений

В радиолюбительской практике наиболее широко используются печатный, проволочный навесной и проволочный жгутовый монтаж.

Печатный монтаж можно использовать во всех радиолюбительских конструкциях, кроме мощных каскадов передатчиков и блоков развертки телевизоров и осциллографов. Преимущества печатного монтажа — сравнительно малый объем и жесткая фиксация мест соединений — гарантируют хорошую повторяемость параметров и качество работы конструкций, собранных на одинаковых печатных платах. Однако из-за того, что при печатном монтаже элементы имеют одно общее основание (рис. 11-4, *а*), значительного выигрыша в размерах конструкции получить не удается.

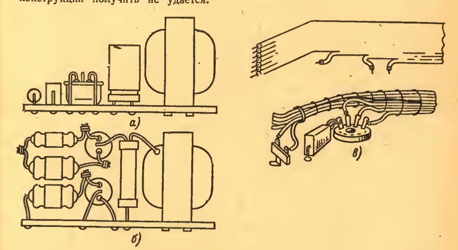


Рис. 11-4.

Проволочный навесной монтаж позволяет получить трехмерную (объемную) конструкцию соединений, что дает возможность уменьшить габариты РЭА в целом, однако он весьма сложен в исполнении (особенно при очень плотной компоновке). Такой монтаж целесообразно применять в каскадах передатчиков, телевизоров и осциллографов, где элементы работают под напряжением более 1 кВ. Характерные варианты этих монтажных соединений показаны на рис. 11-4, *б*.

Проволочный жгутовый монтаж с использованием одно- или многорядных проволочных жгутов (рис. 11-4, *в*) применяют для межблочных соединений и в блоках питания, где влияние паразитных связей между различными проводниками на работу устройства незначительно.

Особенности компоновки органов управления и индикаторов

Рациональная компоновка элементов и учет влияния монтажных соединений позволяют решить только часть задачи конструирования. РЭА в целом обязательно имеет органы управления и индикаторные устройства, которые определяют «внешнюю компоновку». При решении компоновочных задач необходимо учитывать правила «внешней компоновки», ибо как бы хорошо ни были скомпонованы элементы, но если шкала расположена с одной стороны приемника (например, спереди), а ручка настройки — с другой (например, сзади), то работать с таким аппаратом будет неудобно и трудно.

Основные правила рациональной внешней компоновки:

1. Органы управления РЭА (переключатели, ручки настройки и регулировки) и связанные с ними электрически или механически индикаторы (например, шкалы) должны иметь такое относительное расположение, чтобы при управлении устройством руки оператора не загораживали индикаторы. Исходя из этого соображения ручку настройки радиоприемника располагают, как правило, правее шкалы или же под ней.

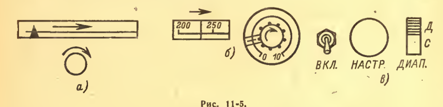


Рис. 11-5.

Регулятор громкости целесообразно установить слева; при этом, настраиваясь на частоту передающей радиостанции правой рукой, можно одновременно устанавливать желательный уровень громкости левой рукой. Это особенно удобно в приемниках, используемых для радиоспорта и для связи.

Однако в малогабаритных (карманных) радиоприемниках регулятор громкости целесообразнее расположить вместе с ручкой настройки на правой боковой стенке корпуса, тогда этими органами управления будет удобно оперировать, взяв приемник левой рукой.

Местоположение остальных органов управления приемником, которыми приходится пользоваться относительно редко (переключатели диапазонов, регуляторы тембра и др.) имеет меньшее значение.

На передней стенке телевизионного приемника, под экраном или справа от него, располагают переключатель селектора телевизионных каналов, ручки регуляторов яркости изображения и громкости звуковоспроизведения, регуляторы цветовой насыщенности (в телевизоре с цветным изображением), а также ручку подстройки частоты гетеродина, если таковая не обеспечивается автоматически. Поскольку остальными органами управления — регулятором размера по вертикали, ручками переменных резисторов установки частоты строк и частоты кадров — приходится пользоваться не часто, их размещают сзади. Кстати, это позволяет улучшить конструкцию телевизора в эстетическом отношении.

2. Наиболее рациональные конструкции шкал — круглые и линейные горизонтальные (линейные вертикальные дают меньшую точность отсчета показаний).

3. Вращение ручек управления должно соответствовать направлению движения стрелки прибора или указателя настройки (рис. 11-5, *а*).

4. «Нуль» шкалы должен быть слева или внизу, увеличение показаний на шкале должно происходить по часовой стрелке или слева направо (рис. 11-5, *б*).

5. Для разных операций управления (включение, настройка, переключение и т. п.) желательно использовать разные по характеру движения регуляторы (рис. 11-5, *в*).

6. Для устройств точной настройки следует применять ручки диаметром 40—80 мм, для вспомогательных — не менее 10 мм.

11-2. ПРИЕМЫ ВЫПОЛНЕНИЯ КОМПОНОВОЧНЫХ РАБОТ

Графическая компоновка

Графическую компоновку обычно выполняют на масштабно-координатной (миллиметровой) бумаге простым или цветными карандашами. Это очень удобно при составлении эскизов монтажных соединений и при самом монтаже. В последнем случае на специально перечерченной схеме цветным карандашом отмечают уже припаянные элементы и проводники, что позволяет практически полностью избежать ошибок при выполнении монтажных работ.

Аппликационная и модельная компоновка

В радиолюбительской практике целесообразна аппликационная компоновка. Аппликации наиболее распространенных элементов приведены на рис. 11-6 (в масштабе 1 : 1).

Выбрав примерные размеры монтажной платы и вычертив ее контуры на листе миллиметровой или чертежной бумаги в масштабе имеющихся аппликаций, можно приступать к компоновке, раскладывая аппликации в соответствии с выбранной группировкой элементов (см. рис. 11-1). Так как размеры аппликаций соответствуют установочным размерам элементов, то их допускается располагать вплотную друг к другу. При печатном монтаже монтажные точки для выводов элементов должны располагаться в узлах координатной сетки с шагом 2,5 мм. Это особенно важно при компоновке устройств с применением интегральных микросхем, выводы которых часто расположены именно на таком расстоянии друг от друга. Добившись требуемого расположения элементов, аппликации закрепляют резиновым клеем (он прозрачен и позволяет использовать одну и ту же аппликацию несколько раз). Затем на полученный компоновочный макет накладывают лист кальки и переносят на него контуры элементов и контактные площадки. Наложив на полученный эскиз второй лист кальки или отогнув часть первого листа, переносят на него все контактные площадки. На обратной стороне второго листа изображение контактных площадок и деталей будет видно как бы с другой стороны платы (рис. 11-7). На этом листе цветным карандашом или фломастером чертят соединительные проводники, т. е. составляют схему соединений. Таким же способом можно выполнить и компоновку органов управления и индикаторных устройств. Применение кальки значительно упрощает компоновку, так как дает возможность видеть сразу обе стороны монтажной платы, а это позволяет легко осуществить (при необходимости) перекомпоновку деталей.

Модельная компоновка наиболее наглядна, но и наиболее сложна. Для нее требуются модели элементов, изготовить которые в радиолюбительских условиях затруднительно. Поэтому модели целесообразно использовать только для приблизительной компоновки крупных элементов устройства в целом (приемника, радиолы и т. п.). Модели крупных элементов можно склеить из бумаги или выпилить из пенопласта.

Натурная компоновка

Натурную компоновку радиолюбитель-конструктор выполняет обычно в виде макета, с помощью которого проверяется работоспособность устройства (прибора). При переходе от макета к окончательной конструкции необходимо соблюдать следующие правила:

1. Макет должен иметь примерно такие же размеры и форму, что и окончательный вариант конструкции.

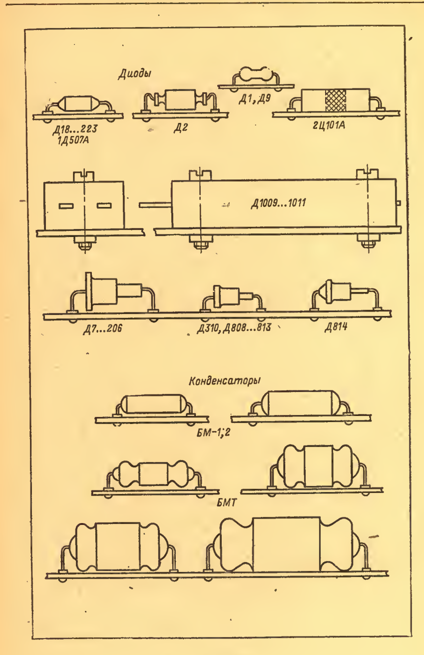

Диоды
Д18...223
1Д507А
Д2
Д1, Д9
2Ц101А
Д1009...1011
Д7...206
Д310, Д808...813
Д814
Конденсаторы
БМ-1; 2
БМТ

Рис. 11-6.

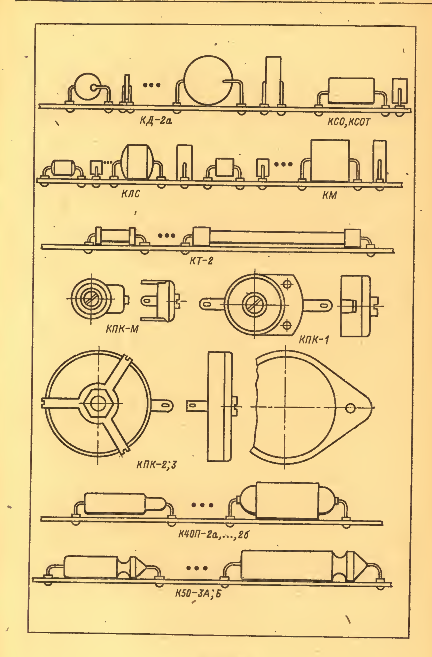


Рис. 11-6.

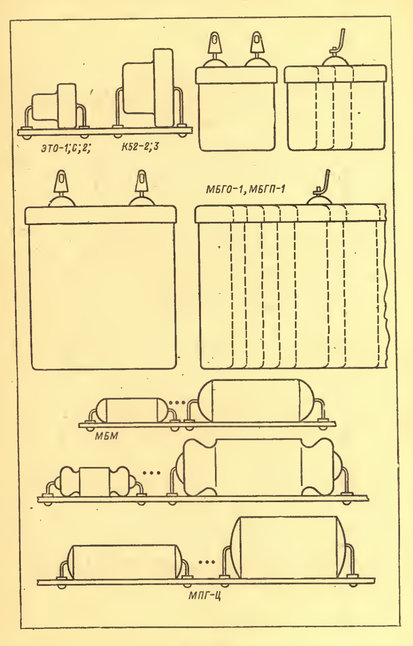


Рис. 11-6.

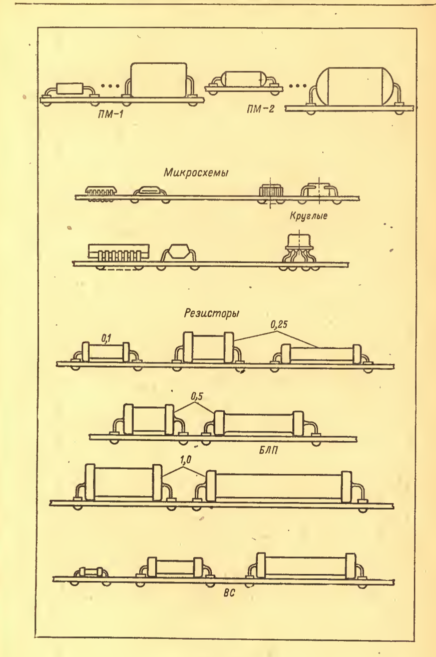


Рис. 11-6.

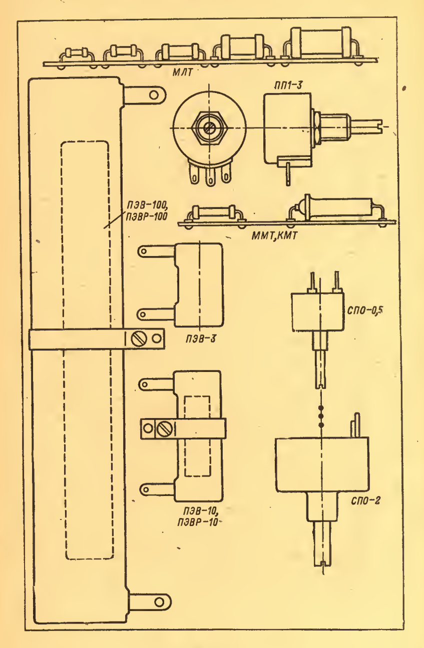

МЛТ
ПП1-3
ПЭВ-100,
ПЭВР-100
ММТ,КМТ
СПО-0,5
ПЭВ-3
ПЭВ-10,
ПЭВР-10
СПО-2

Рис. 11-6.

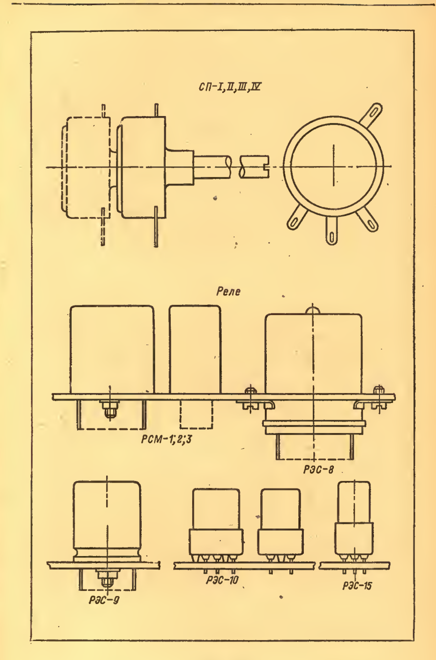


Рис. 11-6.

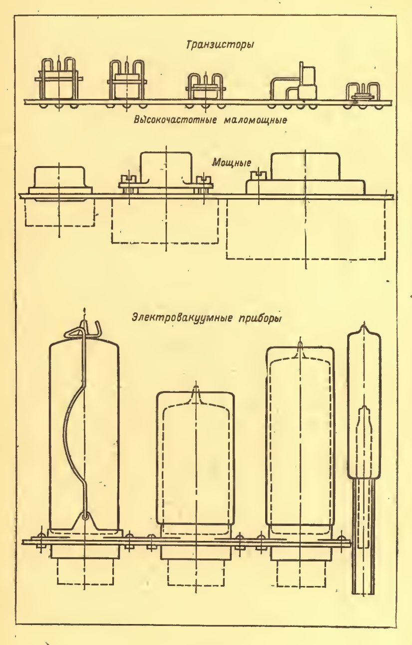

Транзисторы
Высокочастотные маломощные
Мощные
Электровакуумные приборы

Рис. 11-6.

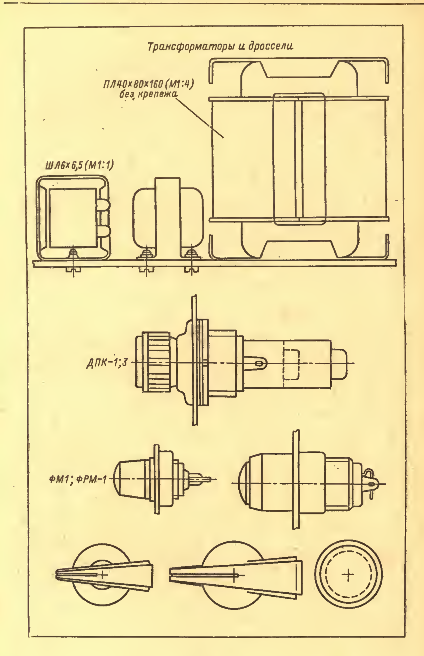
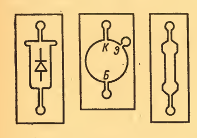

Трансформаторы и дроссели
ПЛ40×80×160 (М1:4)
без крепежа
ШЛ6×6,5 (М1:1)
ДПК-1;3
ФМ1; ФРМ-1

Рис. 11-6.

2. Расположение основных элементов (особенно в высокочастотных каскадах) на макете и в конструкции должно быть одинаковым.

3. При выборе компоновки более плотной, чем на макете, обязательно надо предусмотреть место для стабилизирующих элементов (экранов, развязывающих фильтров, радиаторов и т. д.).



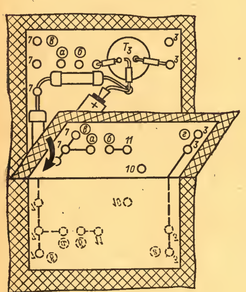


Рис. 11-7.

4. Рисунок монтажных соединений на макете и в конструкции должен быть одинаков.

5. Должны быть учтены расположение, форма и размеры всех органов управления, индикаторов, а в переносных конструкциях и отсека питания, а также особенности работы используемых гальванических или аккумуляторных батарей, их смены и т. д.

6. Необходимо продумать особенности эксплуатации устройства (удобства ее переноски и установки при эксплуатации, защиты от пыли и влаги и т. п.).

Универсальная монтажная плата. Большие возможности для макетирования устройств дает применение универсальных печатных плат (УПП). Их можно использовать для макетирования устройств и их частей с различной компоновкой элементов, если соблюдено условие равенства (или превышения) числа контактных линий (проводников) на УПП и числа соединений на схеме. Существо метода (его разработал и предложил П. П. Кувырков) рассмотрим на примере компоновки однокаскадного усилителя (рис. 11-8, *а*).

На схеме усилителя 7 точек соединений. Если эти точки схематически изобразить в виде вершин правильного семиугольника, то сами элементы можно представить в виде сторон или диагоналей этой фигуры. В математике такие фигуры называют «графами». Если показать все возможные соединения между вершинами графа, то получится чертеж рис. 11-8, *б*, на котором толстыми линиями показан реализованный граф соединений. Таким образом, если мы сможем создать полный граф соединений схемы на плате, то компоновка сведется только к расположению элементов на существующих проводниках. Конечно, часть проводников может быть и не использована, но это и есть «плата» за универсальность УПП. Простейший вариант рисунка соединений УПП показан на рис. 11-8, *в*. Недостаток такой платы в том, что она имеет треугольную форму. Четырехугольная плата выполняется несколько иначе (рис. 11-8, *г*). В обоих случаях проводники имеют в плане Г-образную форму и располагаются с двух

сторон платы (сплошная линия — наружная сторона платы, а пунктирная — оборотная).

Компоновку элементов на УПП выполняют в такой последовательности. Вначале нумеруют точки соединений так, чтобы номера выводов элементов (особенно транзисторов) следовали друг за другом. Затем нумеруют проводники УПП, после чего компонуют элементы так, чтобы номера их выводов совпали с номерами проводников УПП.

При необходимости расположить элементы иначе (например, какие-либо элементы надо разнести дальше друг от друга) их выводам присваивают номера, максимально отличающиеся друг от друга. В этом случае элементы окажутся

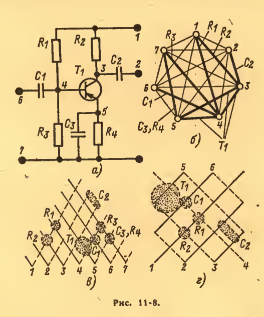


Рис. 11-8.

расположенными в разных углах или частях УПП. Если выводы какого-либо элемента имеют номера, следующие друг за другом, то его можно перемещать вдоль проводников по всей их длине. Если же номера выводов отличаются намного, то элемент можно расположить только на пересечении соответствующих проводников.

Изменяя нумерацию монтажных точек, можно получить различные варианты компоновки, число которых равно числу сочетаний из числа монтажных точек по 2. Так, например, при семи монтажных точках в устройстве число вариантов равно 21, при десяти — 45, при двадцати — 190 и т. д. Подбором нумерации можно выбрать такое расположение элементов, при котором обеспечиваются наилучшие условия их работы.

На рис. 11-9 приведен чертеж универсальной печатной платы, пригодной для любительских целей, и в качестве примера показаны два варианта компоновки усилительного каскада, схема которого приведена на рис. 11-8, *а*. Плату изготавливают из двустороннего фольгированного гетинакса или текстолита толщиной 1,5 — 2 мм. При отсутствии такого материала на обычный гетинакс или текстолит можно наклеить проводники, вырезанные из медной или латунной фольги (см. § 11-5).

Чтобы было возможно многократное использование платы, во все монтажные точки следует вставить пустотелые пистоны и тщательно пропаять места их соединения с проводниками.

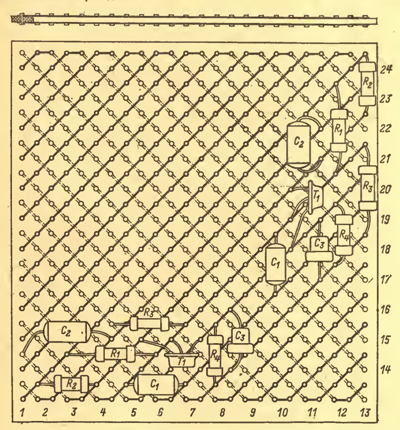


Рис. 11-9.

11-3. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Чаще для каждого функционального узла, функциональной части РЭА или для малогабаритной РЭА разрабатывают специальную печатную плату, основой которой является гетинакс или стеклотекстолит, облицованный медной фольгой с одной стороны (реже с двух сторон).

Оригинал рисунка печатных проводников выполняют на координатной сетке, образуемой пересекающимися под прямым углом рядами параллельных линий. Для печатных плат промышленной РЭА принят стандартный шаг координатной сетки (расстояние между соседними параллельными линиями), равный 2,5 мм. В любительских конструкциях рекомендуется принимать такой же шаг либо шаг размером 5 мм. В узлах координатной сетки, т. е. на пересечениях ее линий, располагают «контактные площадки». В отверстия, просверленные в центрах

контактных площадок, будут впаиваться выводы элементов. (В некоторых случаях, например при малых расстояниях между выводами какого-либо элемента схемы, контактные площадки приходится делать и на линиях между узлами.)

Электронная промышленность выпускает ряд типов элементов с расстояниями между осями выводов, равными стандартному шагу печатного монтажа 2,5 мм, с расстояниями, кратными по отношению к этому размеру: 5,0; 7,5 мм

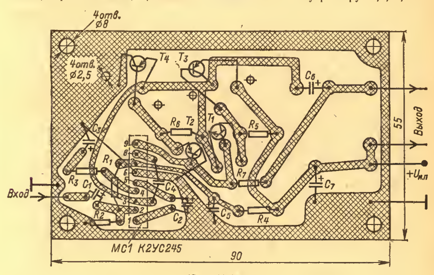


Рис. 11-10.

и т. д. или 1,25 мм. К числу таких элементов относятся, например, электролитические конденсаторы К50-6, керамические подстроечные конденсаторы КПК-МП, транзисторы серий ГТ322, КТ306, КТ312, КТ315, КТ316, КТ325, КТ326, микросхемы серий К224, К237 и др.

Расстояния между выводами других элементов с гибкими проволочными выводами (например, резисторов ВС, МЛТ, конденсаторов КД, КТ, БМ, МБМ, КМ) легко привести к размеру, кратному шагу координатной сетки 2,5 или 5 мм, соответствующей формовкой (изгибом) выводов.

На рис. 11-10 показан пример компоновки на печатной плате УНЧ, в котором использована микросхема К2УС245. Здесь позиционные обозначения элементов усилителя соответствуют его принципиальной схеме, приведенной на рис. 4-12, *а*.

11-4. ПРОСТЕЙШИЕ КОНСТРУКТОРСКИЕ РАСЧЕТЫ

Расчет установочных параметров элементов

Установочный объем $V_{уст}$ элемента определяют исходя из максимальных (с учетом монтажа) размеров по ширине B, длине L и высоте H. Произведение этих величин с коэффициентом запаса 1,5 определяет *установочный объем* большинства *элементов* (кроме полупроводниковых и электровакуумных приборов, резисторов с большой мощностью рассеяния и элементов, работающих при высоких напряжениях)

$$V_{уст} = 1{,}5BLH.$$

Сумма установочных объемов элементов меньше полного объема устройства.

На практике обычно пользуются отношением суммы установочных объемов элементов к общему объему устройства. Для таких радиолюбительских конструкций, как блоки питания или радиоприемники, это отношение составляет 0,3—0,6, а для передающих устройств 0,2 — 0,3.

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют понятием *установочной площади элемента*, которую для большинства элементов вычисляют по формуле

$$S_{уст} = 1{,}25BL.$$

При определении полной площади платы вводят коэффициент ее увеличения, равный 2 — 3 (другими словами, полная площадь будет в два-три раза больше суммы установочных площадей всех элементов).

Оценка тепловых режимов

Детали РЭА могут нагреваться как за счет внешних источников тепла (солнечная или тепловая радиация, повышение температуры окружающей среды), так и внутренних (резисторы с большой мощностью рассеивания, мощные транзисторы и диоды, трансформаторы питания и лампы). Повышение температуры влияет на электрические параметры устройства (ухудшается качество работы, «уходит» настройка на радиостанцию, повышается энергопотребление, выходят из строя отдельные элементы и т. п.) и на работу различных его механизмов (верньерно-шкальных, лентопротяжных и т. п.), что проявляется в заедании осей, детонации звука и т. д.

Рис. 11-11.

Довольно часто причиной нарушения нормальной работы является неправильное расположение элементов устройства при компоновке. Так, если в передатчике рядом должны быть расположены мощная генераторная лампа и кварцевый резонатор, то их надо разделить тепловым экраном, исключающим перегрев кварца. В этом случае конвективные потоки тепла от лампы *1* (рис. 11-11) не попадут на кварцевый резонатор *2*. Полированная поверхность металлического экрана *3* отражает большую часть лучистых потоков тепла. Для дальнейшего разделения использован теплоизоляционный экран *4*, изолирующий кронштейн *5* от металлического экрана *3*.

Этот пример указывает на то, что при компоновке элементов следует быть весьма внимательным к тепловым потокам в устройстве. Расчеты тепловых режимов РЭА весьма сложны и, как правило, недоступны радиолюбителю-конструктору. Поэтому следует внимательно анализировать конструкцию, чтобы правильно оценить качественную картину процессов теплообмена. Для грубой оценки можно ограничиться вычислением среднего значения потока тепловой энергии с единицы поверхности футляра. Поскольку к. п. д. РЭА обычно намного меньше единицы, то для такой оценки можно пользоваться отношением мощности, потребляемой от источника питания, к поверхности футляра. Это отношение должно быть около 0,02 Вт/см² для конструкций в металлическом корпусе и около 0,01 Вт/см² — в пластмассовом или деревянном корпусах.

Расчет радиаторов для полупроводниковых приборов

Для обеспечения нормального режима работы мощных полупроводниковых приборов используют радиаторы различной конструкции, которые увеличивают эффективность теплоотвода, понижают температуру приборов, увеличивают надежность и срок их службы.

Для расчетов радиаторов необходимо знать целый ряд параметров, определяющих так называемые тепловые сопротивления отдельных участков системы «полупроводниковый прибор — радиатор». К ним относятся тепловые сопротивления «коллекторный переход — корпус транзистора», «корпус транзистора — радиатор» (см. § 12-4) и «радиатор — окружающая среда».

Тепловое сопротивление «коллекторный переход — корпус транзистора (диода)» определяется конструкцией самого прибора и, естественно, не может быть изменено. Для уменьшения теплового сопротивления «корпус транзистора (диода) — радиатор» поверхность последнего в месте крепления полупроводникового прибора необходимо отшлифовать, проложить между ними тонкую свинцовую прокладку или смазать соприкасающиеся плоскости транзистора и радиатора невысыхающим маслом (например, силиконовым). Если корпус транзистора или диода необходимо изолировать от радиатора, то лучше изолировать весь радиатор от шасси.

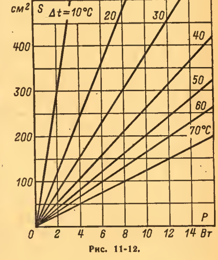


Рис. 11-12.

Для изготовления в любительских условиях наиболее подходят радиаторы в виде прямой или изогнутой пластины. Расчет таких радиаторов несложен и может быть выполнен по графику, показанному на рис. 11-12. Зная рассеиваемую полупроводниковым прибором мощность P (Вт) и допустимую температуру перегрева Δt (в пределах 10 — 70°C) определяют площадь поверхности радиатора в виде пластины; ее толщина должна быть 2 — 4 мм. Следует учесть, что при введении слюдяной прокладки эффективность радиатора уменьшается на 20 — 50%, а это требует соответствующего увеличения его поверхности.

Конструкции радиаторов

Для изготовления радиаторов радиолюбителям наиболее доступен листовой алюминий или его сплавы. Использование для этой цели меди и ее сплавов нецелесообразно, хотя и несколько увеличивает эффективность радиаторов. Дело в том, что радиаторы из этих материалов втрое тяжелее, к тому же медь очень вязка и поэтому ее плохо обрабатывать резанием.

Простейший радиатор представляет собой пластину (рис. 11-13, *а*). Для уменьшения теплового сопротивления между корпусом полупроводникового прибора и радиатором достаточно зачистить место установки полупроводникового прибора наждачной бумагой. Такой радиатор необходимо располагать вертикально (рис. 11-13, *е*), так как при этом почти вдвое увеличивается его эффективность. Если коллектор мощного транзистора должен быть соединен с металлической монтажной платой, ее можно использовать в качестве радиатора. Место установки

диода или транзистора на радиаторе П-образной формы (рис. 11-13, *б*) необходимо обработать торцевой фрезой, чтобы получился ровный плоский участок необходимых размеров.

Основной недостаток самодельного ребристого радиатора (рис. 11-13, *в*) — большое тепловое сопротивление в местах прилегания отдельных пластин (на рисунке эти места выделены жирными линиями), вследствие чего часть поверхности пластин используется неэффективно. От этого недостатка свободны радиаторы, изготовленные из целого куска материала, например, фрезерованием (рис. 11-13, *г*).

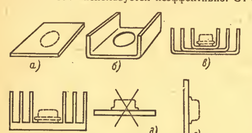


Рис. 11-13.

Недопустимо для всех выводов транзистора средней или большой мощности делать в радиаторе общую прорезь. Отверстия в радиаторе, через которые проходят выводы электродов полупроводниковых приборов и винты, крепящие их накидные фланцы, должны быть возможно меньшего диаметра. Исключением из этого правила является крепление транзисторов серии ГТ403, которые накидными фланцами не комплектуются: отверстие в радиаторе должно иметь диаметр, при котором обеспечивается тугая посадка цилиндрической части корпуса транзистора в его отверстие.

Для эффективного отвода тепла к радиатору должен быть открыт доступ воздуха, поэтому всегда следует стремиться к тому, чтобы радиаторы были расположены вне корпуса устройства, например на его задней стенке. Горизонтальное расположение пластинчатого радиатора (рис. 11-13, *д*) является менее целесообразным, чем вертикальное (рис. 11-13, *е*).

Конструкции уплотнений

Уплотнения применяются для защиты РЭА от проникновения влаги и пыли. Уплотнительные прокладки (чаще всего резиновые) используют для герметизации мест стыка кожухов с крышками и вводов кабелей. Так, уплотнительная прокладка из резинового шнура (рис. 11-14, *а*) обеспечивает герметичность устройства при погружении его в воду на глубину до 2 м. Для герметизации мест вывода осей регулировочных элементов (осей переменных резисторов, валиков настройки и т. п. применяют набор фетровых шайб толщиной 3—10 мм (рис. 11-14, *б*), пропитанных жидкими смазочными материалами.

Уплотнительные шайбы
Резиновый шнур
а)
б)

Рис. 11-14.

Оценка паразитных связей. Конструкции экранов

При конструировании РЭА важно учесть паразитные электрические связи, которые могут возникнуть между элементами устройства. Расчет этих связей очень сложен, поэтому остановимся только на некоторых конкретных рекомендациях по борьбе с ними.

Наиболее целесообразным способом защиты от паразитных взаимодействий является рациональная компоновка элементов устройства. Однако даже в этом случае приходится использовать развязывающие фильтры и экраны.

Развязывающие фильтры, как известно, представляют собой соединение резистора или катушки индуктивности с конденсатором (рис. 11-15, *а*). Для развязки каскадов высокой и промежуточной частоты сопротивление резистора фильтра R может быть от 100 Ом до 10 кОм, а емкость конденсатора C — от 0,05 мкФ до 4300 пФ. В развязывающих фильтрах низкочастотных устройств используют резисторы сопротивлением от 50 Ом до 1 кОм и конденсаторы емкостью от 100 до 3 мкФ.

Для экранирования электрического поля (это — чаще всего паразитные емкостные связи, зависящие от расстояния между элементами) применяют металлические перегородки, проводники или кожухи, электрически соединенные с общим проводом устройства (рис. 11-15, *б*). Экраны изготавливают из листовой меди, латуни или алюминиевых сплавов толщиной от 0,3—0,5 до 1 мм (большую толщину выбирают не для повышения эффекта экранирования, а для того, чтобы обеспечить необходимую механическую прочность экрана).

Экранирование магнитного поля (его источники — трансформаторы низкой частоты, трансформаторы питания) выполняется с помощью замкнутых экранов, изготовленных из материалов с высокой магнитной проницаемостью (специальные стали, пермаллой). Магнитные головки магнитофонов защищают от внешних электромагнитных полей многослойными экранами (пермаллой, латунь, пермаллой).

Рис. 11-15.

Экраны катушек при плотной компоновке элементов целесообразно делать квадратного сечения. Размеры экрана следует выбирать так, чтобы они были примерно вдвое больше соответствующих размеров катушки (рис. 11-15, *в—2*), а ее расположение в экране должно быть таким, как показано на рис. 11-15, *в—3*.

Экранированные провода следует применять только в крайнем случае, так как они обладают сравнительно большой емкостью, а это в ряде случаев нежелательно. Кроме того, экранированные провода громоздки и требуют защиты от соединений оплетки с другими деталями и экранами, для чего приходится применять изоляционные оболочки. Необходимо экранировать провода от звукоснимателей, записывающих и воспроизводящих магнитных головок и кабели микрофонов.

Экранированным проводом или кабелем часто соединяют антенный разъем или гнезда с входным устройством телевизора или высокочувствительного радиоприемника. Соединять экранирующие оплетки с общим проводом (шасси) устройства следует так, как показано на рис. 11-15, *г*.

Примеры конструкторских расчетов

Расчет установочной площади интегральной микросхемы. Ширина и длина корпуса микросхемы — 12 мм. Установочная площадь $S_{уст} = 1,25$ ВН $= 1,25 \times 1,2 \cdot 1,2 = 1,8$ см². С учетом коэффициента использования площади печатной платы (2—3) установочная площадь равна 3,6—5,4 см².

Расчет установочного объема элемента. Размеры резистора МЛТ-1 (с учетом монтажа): ширина (с зазором) — 7, длина — 20, высота (с учетом толщины платы и пайки) — 9 мм. Установочный объем $V_{уст} = 1,5$ $BLH = 1,5 \cdot 0,7 \cdot 2 \cdot 0,9 = 1,89$ см³. Этот установочный объем можно использовать при компоновочных расчетах только при нагрузке резистора, не превышающей 0,1—0,2 номинальной. Для конденсаторов и остальных элементов определенные таким способом установочные объемы вполне пригодны для практических целей.

Расчет коэффициента использования объема. Сумма установочных объемов элементов равна 560 см³, общий объем устройства — 1580 см³. Коэффициент использования объема равен 560 : 1580 = 0,354.

Сумма установочных объемов элементов приемника — 275 см³. Приняв коэффициент использования объема равным 1/3, получаем, что общий объем приемника должен быть не менее 825 см³. При использовании в приемнике динамической головки диаметром 60 мм и магнитной антенны с сердечником длиной 120 мм толщина приемника (без учета толщины стенок футляра) должна быть равна: 825 : (6 × 12) = 11,4 см (114 мм). Из сравнения полученных размеров с размерами деталей, определяющих габариты приемника, видно, что приемник в этих размерах выполнить вполне возможно.

Расчет удельной тепловой плотности. Измерительный генератор в металлическом корпусе потребляет от сети 10 Вт. Площадь поверхности корпуса (без учета площади основания) равна 832 см². Удельная плотность 10 : 832 = 0,012 Вт/см². Полученная величина меньше допустимой (0,02 Вт/см²), что гарантирует нормальную работу прибора. Если бы генератор был не в металлическом, а в деревянном или пластмассовом футляре, то для обеспечения нормального теплового режима его работы пришлось бы либо увеличить поверхность футляра (т. е. его объем), либо сделать в нем вентиляционные отверстия, либо, наконец, поставить радиаторы на все приборы с большой мощностью рассеяния.

Расчет радиатора. Транзистор должен нормально работать при температуре окружающей среды до 40°С. Допустимая температура его коллекторного перехода не должна превышать 85°С (т. е. перегрев не должен быть выше 45°С). При рассеиваемой мощности 5 Вт и перегреве 50°С (с запасом 5°С) по графику на рис. 11-12 находим: $S = 100$ см².

11-5. ЭЛЕКТРОМОНТАЖНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И МОНТАЖ ЭЛЕМЕНТОВ

Области использования различных электромонтажных соединений

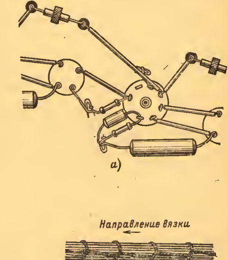
Основой электромонтажных соединений являются проводники из металлов или сплавов с малым сопротивлением, которые соединяют друг с другом способами, обеспечивающими минимальное переходное сопротивление. В радиолюбительской практике наибольшее распространение получили медные одно- или многожильные провода в изоляции (или без нее) и плоские ленточные проводники, которые получаются в результате травления фольгированного материала.

Для соединения проводников друг с другом используют пайку, штепсельные разъемы и всевозможные зажимные устройства (зажимы, винты). Основной способ соединений в РЭА — пайка. Другие виды соединений используются только как вспомогательные и при малом их количестве.

Проволочный монтаж

Для проволочного навесного монтажа используют медный посеребренный или луженый провод диаметром 0,6—1,5 мм. Так как при навесном монтаже провода находятся на сравнительно большом расстоянии друг от друга (2—10 мм), то обычно нет необходимости защищать их от соединений друг с другом. Исключение составляют длинные перекрещивающиеся провода, которые необходимо изолировать друг от друга изоляционными трубочками. Для надежности соединения — как механической, так и электрической (удельное сопротивление припоя в 10 раз выше сопротивления меди — проводники рекомендуется предварительно закреплять (рис. 11-16, *а*).

Одножильный провод используют и при монтаже на платах с монтажными пистонами и лепестками (рис. 11-16, *б*). При пересечении проводников на них необходимо надеть изоляционные трубки. Лучше всего использовать трубки из ткани, пропитанной электроизоляционным лаком, так как они более стойки к воздействию температуры (например, при пайке). Пластмассовые трубки из поливинилхлорида, полиэтилена при пайке могут оплавиться, из-за чего возникнут замыкания.



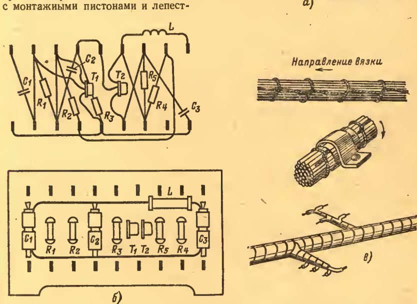


Рис. 11-16.

Жгутовый монтаж выполняют гибким многожильным проводом с одно- или двухслойной нитяной оплеткой (из шелковой или синтетической нити) или пластмассовой оболочкой. Для того чтобы жгут сохранял круглую форму,

его либо обвязывают нитками, либо крепят скобами, клейкой лентой или клеем (рис. 11-16, *в*). Жгуты обвязывают ниткой так, чтобы при ее продергивании получались самозатягивающиеся петли. Для прочности нитки, работающие в условиях высокой влажности, протирают воском. Жгут прикрепляют к шасси специальными скобами. Если скоб много, то обвязку можно и не делать. При закреплении проводов клейкой лентой обмотку следует начинать с самого тонкого сечения жгута, иначе при высыхании клея форма жгута может измениться. Проводники можно

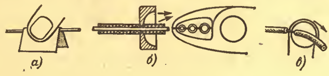


Рис. 11-17.

склеить в плоский жгут и приклеить его к плате или к шасси. Однако если шасси изготовлено из металла, то между проводниками и шасси будут большие паразитные емкости.

Очень важно правильно зачистить провод. Эмалевую изоляцию удаляют мелкой наждачной бумагой (рис. 11-17, *а*). Таким же способом можно удалить и нитяную изоляцию, если ее предварительно обжечь в пламени спички или спиртовки. Многожильные эмалированные провода освобождают от изоляции, нагревая конец провода в пламени, а затем погружая его в спирт. Эмаль при этом растрескивается

Рис. 11-18.

и частично осыпается. После этого провод достаточно протереть ваткой, смоченной спиртом, или самой мелкозернистой наждачной бумагой. Провод, изолированный высокопрочной эмалью (ПЭВ), можно зачищать только наждачной бумагой.

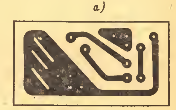
Для удаления пластмассовой или нитяной изоляции удобно пользоваться кусачками, в губках которых просверлены отверстия с острозаточенными краями (рис. 11-17, *б*). Очень простое и эффективное приспособление для удаления изоляции — обжигалка (рис. 11-17, *в*), представляющая собой один виток провода спирали от электроплитки. Длину провода подбирают такой, чтобы при подключении его к источнику низкого напряжения (2—6 В) спираль нагревалась до красного каления за 2—5 с. Раскаленной спиралью сжигают изоляцию в месте касания, и отделившийся ее кусок легко снимается.

Последовательность операции заделки многожильного провода под зажим или винт показана на рис. 11-18, *а*. Для предотвращения разлохмачивания оплетку из ниток оклетневывают (рис. 11-18, *б*). Концы металлической оплетки экранированного провода защищают от разлохмачивания пропайкой проволочных манжет или самой оплетки (рис. 11-18, *в*).

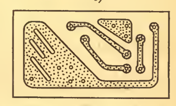
Печатный монтаж

Контуры печатных проводников с оригинала (см. § 11-3) переносят с помощью копировальной бумаги на поверхность платы соответствующего размера, изготовленной из фольгированного гетинакса или стеклотекстолита (рис. 11-19, *а*). При этом нужно быть очень внимательным, чтобы по ошибке не получить на плате зеркальное изображение проводников. Проводники требуемой конфигурации получают путем химического травления или вырезают их контуры механическим способом.

а)



б)



в)

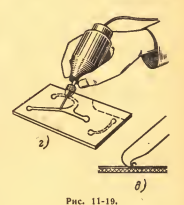


Рис. 11-19.

Способ химического травления. Участки фольги, которые на полученном рисунке должны остаться в виде проводников, покрывают нитролаком, цапонлаком или клеем БФ, подкрашенным несколькими каплями чернил (рис. 11-19, *б*). После высыхания краски рисунок проверяют на соответствие чертежу проводников и при необходимости счищают все подтеки краски скальпелем. Затем помещают плату в раствор хлорного железа плотностью 1,3 (в стакан емкостью 200 см^3 кладут 150 г хлорного железа и заливают до краев водой). Само травление лучше вести в фотокювете подходящего размера, помешивая раствор стеклянной палочкой или покачивая кювету. При нормальной комнатной температуре процесс травления медной фольги заканчивается примерно через 1 ч, а при температуре раствора 40—50°С — через 10—15 минут. Готовую плату (рис. 11-19, *в*) тщательно промывают сначала в холодной, а затем в горячей воде, быстро сушат (например, с помощью фена) и сразу же покрывают жидким канифольным лаком (раствором канифоли в спирту.) В таком виде проводники платы длительное время сохраняют способность к легкой пайке.

Механический способ. По линиям, ограничивающим поверхности фольгированного материала, с которых необходимо удалить фольгу, с помощью фрезы зубоврачебного бора, зажатого в патрон, укрепленный на валу быстроходного электродвигателя (рис. 11-19, *г*), «сфрезеровывают» фольгу на глубину несколько большую, чем ее толщина. Эту же работу можно выполнить и с помощью резака, изготовленного из обломка ножовочного полотна (рис. 11-19, *д*). Поверхность готовой платы

до установки деталей тщательно очищают от металлических стружек и пыли и также покрывают канифольным лаком. Следует учесть, что из-за нарушения поверхности изоляционного материала качество изготовленной механическим способом платы хуже, чем при применении метода травления фольги. Тонкий фольгированный гетинакс для получения проводников механическим способом не пригоден.

В центрах контактных площадок просверливают отверстия диаметром несколько бо́льшим, чем диаметр выводов применяемых элементов (радиодеталей).

Фольгированный материал для печатных плат можно изготовить и в домашних условиях. Основой может служить гетинакс, текстолит, стеклотекстолит толщиной 1—2 мм, фольгу можно взять медную или латунную толщиной примерно 0,05—0,06 мм. Зачистив материал основы и одну стороны фольги мелкозернистой наждачной бумагой, их промывают в растворе соды, ацетоне или эфире (можно просто тщательно протереть их поверхности марлевым тампоном с обезжиривающим составом) и покрывают тонким слоем клея БФ-2 или БФ-4. После того как этот слой слегка подсохнет, наносят на основу и фольгу второй слой клея, помещают их под пресс и сушат в течение 48 ч при комнатной температуре или 3—4 ч при температуре 100°С.

Монтаж элементов РЭА

На печатных платах с односторонним фольгированием транзисторы, полупроводниковые диоды, резисторы и конденсаторы размещают со стороны, свободной от фольги, пропускают их выводы сквозь отверстия в контактных площадках и припаивают выводы к печатным проводникам.

При монтаже полупроводниковых диодов, транзисторов, микросхем, резисторов, конденсаторов, переключателей, реле, ламповых панелей и разъемов следует руководствоваться правилами их монтажа, выполнение которых гарантирует нормальную работу этих элементов.

Эти правила следующие.

1. Так как современные элементы имеют малые размеры, а некоторые и сложное устройство, все электромонтажные операции надо выполнять тщательно и аккуратно.

2. Перед пайкой можно производить формовку только выводов, выполненных из тонкого материала. При этом выводы допустимо изгибать на расстоянии не менее 5—8 мм от корпуса или вершины стеклянного проходного изолятора (рис. 11-20, *а*), а радиус изгиба должен быть по крайней мере в 3 раза больше диаметра вывода (рис. 11-20, *б*).

3. Пайку выводов обычных радиоэлементов, в том числе биполярных транзисторов, можно производить с применением стандартного паяльника мощностью 40 Вт, рассчитанного на непосредственное включение в электросеть напряжением 220 или 127 В. При монтаже РЭА с полевыми транзисторами и микросхемами следует применять низковольтный паяльник с регулируемой температурой нагрева. Включают такой паяльник через понижающий трансформатор, заземляя его вторичную обмотку. Применение автотрансформатора недопустимо!

Процесс пайки должен быть кратковременным — не более 3—8 с. Повторную пайку того же соединения (при необходимости) можно производить не ранее чем через 3—4 мин.

Выводы элементов во время пайки необходимо держать плоскогубцами (рис. 11-20, *в*) или использовать другой какой-либо теплоотвод, иначе возможен перегрев элементов (наиболее чувствительны к перегреву полупроводниковые приборы и микросхемы), что может привести к необратимому ухудшению их параметров.

4. Поскольку полевые транзисторы и МС могут быть повреждены электрическими зарядами небольшого потенциала, при монтаже этих полупроводниковых приборов необходимо принимать следующие дополнительные меры защиты:

а) работу производить на столе, поверхность которого покрыта хлопчатобумажным материалом или антистатическим линолеумом;

б) примеиять деревяииые стулья с матерчатой (ие ситетической!) обивкой и электропроводящие настилы под ногами; иосить обувь иа кожаиой подошве и одежду из хлопчатобумажиой ткаии;

в) заземлять иадежио рабочий инструмеит (жало паяльиика, пиицет и т. п.) и корпус (общую шииу) моитируемого устройства, паиели;

г) исключать возможность соприкосиовеиия выводов полевых транзисторов и МС с предметами, для которых свойствеииа возможность сильиой электризации, иапример с предметами, изготовлеиными из ситетических материалов.

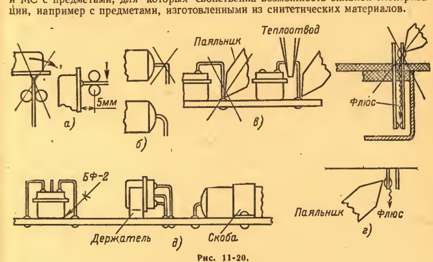


Рис. 11-20.

5. Пайку выводов переключателей и реле следует вести так, чтобы в коитакты не попали расплавлеииый флюс и припой (рис. 11-20, *г*), которые могут нарушить иормальиую работу этих элементов.

6. При подпаиваиии проводииков к контактам ламповых паиелей или разъемов иеобходимо в паиели вставлять радиолампы, а в разъемы — их ответиые части; это умеиьшает вероятиость затекаиия в контакты расплавлеииого припоя и флюса.

7. Для закреплеиия деталей (кроме малогабаритиых) иа плате следует пользоваться клеем, специальиыми держателями и скобами (рис. 11-20, *д*).

8. Особеииости моитажа интегральиых микросхем приведеиы в § 12-1.

11-6. ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИЙ

Футляры и кожухи

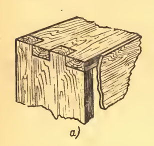
Футляр и кожух — иеотъемлемые части радиоустройств. Их назиачеиие состоит в том, чтобы защитить радиодетали и моитаж от виешиих механических и климатических воздействий, обеспечить необходимые акустические и эстетические показатели, удобство эксплуатации.

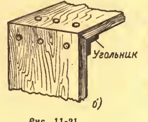
Футляры изготавливают из дерева, пластмассы или папье-маше, кожуха — из металла. Последиие обладают повышеииой механической прочиостью и защищают конструкцию от электрических помех. Чаще всего металлические кожуха используют в измерительиых приборах.

Футляры для малогабаритиых радиоприемииков могут иметь рамочиую конструкцию (рис. 11-21), основой которой является рамка из деревяииых планок

толщиной 3—5 мм, а передняя и задняя стенки изготовлены из тонкой фанеры. Углы рамки можно связать в шип (рис. 11-21, *а*), соединить с помощью металлических угольников (рис. 11-21, *б*) или шурупов (11-21, *в*). Вариант соединения, показанный на рис. 11-21, *б*, рекомендуется в том случае, если футляр необходимо покрыть лаком.

Для легких малогабаритных устройств футляр можно изготовить из папье-маше. Для этого из куска дерева или пенопласта изготавливают модель футляра,





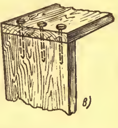


Рис. 11-21.

покрывают ее воском и последовательно оклеивают влажными листами газетной бумаги с жидким столярным клеем, давая каждым двум-трем слоям просохнуть. После окончательной сушки в течение двух-трех суток футляр грунтуют, окрашивают, аккуратно распиливают, еще раз окрашивают и полируют.

Кожуха изготавливают из листовых (толщиной 0,5—1,5 мм), алюминиевых и медных сплавов (латуни) и жести. Пайка алюминия и его сплавов в домашних условиях затруднена, поэтому детали кожухов из этих материалов соединяют заклепками или винтами. Латунь и жесть легко паяются, что значительно упрощает изготовление кожухов.

Декоративные покрытия

Деревянные поверхности отделывают различными способами: окрашивают, лакируют, оклеивают декоративными пленками. До окрашивания футляр необходимо хорошо просушить, аккуратно замазать все щели и неровности поверхности шпатлевкой (лучше использовать нитрошпатлевку, которая быстро сохнет и хорошо шлифуется). После этого футляр покрывают вначале двумя-тремя слоями грунта, а затем — тремя—пятью слоями нитроэмали. Очень удобно пользоваться грунтами и эмалями в аэрозольной упаковке рижского химического завода «Аэрозоль». В аэрозольной упаковке выпускается грунт марки 147 и нитроцеллюлозные эмали разного цвета. Можно использовать и нитроэмали для кожи. После окраски поверхность футляра полируют.

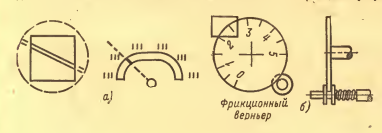
При лакировке требуется очень тщательная подготовка поверхности: заделка пороков древесины с учетом ее рисунка, неоднократная шлифовка предварительно смоченной поверхности вдоль и поперек волокон (для удаления ворса) и сушка. После этого с помощью пульверизатора наносят мебельный лак НМЦ (светлый или темный).

Используя самоклеящуюся декоративную отделочную пленку марки ПДСО-12, можно без особых затрат труда и времени получить сравнительно высокое качество отделки. Пленка хорошо приклеивается к древесине, металлу, древесностружечной плите и другим материалам. Прочность приклеивания тем выше, чем меньше воздушных пор под пленкой.

Для отделки больших поверхностей можно использовать декоративный бумажнослоистый пластик (ГОСТ 9590-61), на поверхности которого нанесен рисунок, имитирующий ценные породы древесины, малахита, мрамора и т. п.

Шкалы и приводные устройства

Шкала радиоприемника или измерительного прибора должна обеспечивать оператору удобство в работе и иметь определенную эстетическую ценность, так как она обычно является одним из композиционных центров внешнего вида изделия. Неотъемлемым элементом шкалы является ее приводное устройство.



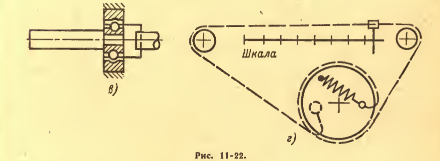


Рис. 11-22.

Характерные конструкции шкал и приводных устройств показаны на рис. 11-22, *а*, *б* и *г*. Круглая шкала может быть выполнена в виде плоского диска, к которому прижимается осью, так называемый фрикционный верньер. Если диск тонкий, то на оси верньера ставят подпружиненную шайбу (рис. 11-22, *б*). Малогабаритный верньер, обеспечивающий передаточное число около 3, можно изготовить из шарикоподшипника (рис. 11-22, *в*).

Верньерный механизм может быть выполнен на основе фрикционных и зубчатых передач (например, от механизмов старых часов) или передачи с гибкой нитью (тросиком) — рис. 11-22, *г*. Тросиком может служить металлическая струна от балалайки или мандолины, жильная струна скрипки, многожильная капроновая, хлопчатобумажная или шелковая леска. Для повышения трения между валиком настройки и тросиком можно использовать толченую канифоль. Обязательным элементом передач с гибкой нитью является пружина, натяжением которой выбирается люфт механизма.

В радиолюбительских условиях наиболее доступен фотографический способ изготовления шкал. В этом случае оригинал шкалы вычерчивают в большом масштабе, надписи и цифры — наклеивают (их можно вырезать из старых газет, журналов, проспектов). После уменьшения до натуральной величины получается очень четкая шкала.

КОМПОНЕНТЫ И ЭЛЕМЕНТЫ РЭА

РАЗДЕЛ 12

СОДЕРЖАНИЕ

12-1. ПОСТОЯННЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Параметры постоянных резисторов

Номинальная мощность рассеяния $P_{ном}$ — мощность, которую резистор может длительное время рассеивать без недопустимо большого перегрева, приводящего к необратимым изменениям сопротивления, при условии, что $t_{окр}$ не превышает установленного значения (зависит от конструкции резистора). Если резистор должен работать при более высоких температурах, допускаемая мощность рассеяния снижается (см. рис. 12-1, *а*, *б*).

Значение $P_{ном}$ в ваттах указывает число, входящее в обозначение резистора. Например, для резистора ВС-0,125 (старое название УЛМ) $P_{ном} = 0{,}125$ Вт, для МЛТ-2 — 2 Вт. Чем больше $P_{ном}$, тем больше размеры резистора. На корпусах непроволочных резисторов номинальную мощность рассеяния маркируют при $P_{ном} \geqslant 2$ Вт; номинальные мощности рассеяния малогабаритных непроволочных резисторов можно определить по табл. 12-2—12-4.

Номинальное сопротивление $R_{ном}$ — это сопротивление, обозначенное на резисторе. Фактическое сопротивление резистора может отличаться от обозначенного на величину, не превышающую допускаемого отклонения.

Ряды номинальных сопротивлений резисторов широкого применения приведены в табл. 12-1; номинальные сопротивления резисторов повышенной точности (УЛИ, С1-8, С2-8 и др.) вычисляют по формуле

$$R_{ном} = \sqrt[m]{10^n},$$

где $m = 48$, 96 или 192 (номер ряда); n — целое положительное число от 1 до m. Полученные таким образом ряды продлевают в сторону больших и меньших значений путем умножения или деления вычисленных по формуле значений на 10, 100, 1000 и т. д., округляя результат до третьей значащей цифры (если по расчету получается большее количество значащих цифр).

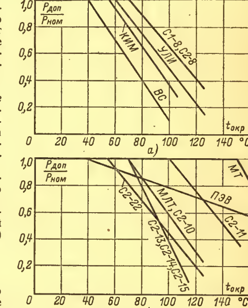


Рис. 12-1.

На резисторах относительно больших размеров номинальные сопротивления маркируют, применяя общепринятые сокращенные обозначения единиц, и указывают возможное отклонение от номинала в процентах, например 1,2 кОм ± ± 10%. На малогабаритных резисторах номинальные сопротивления маркируют с помощью следующего кода:

1) единицу ом обозначают буквой Е, килоом — буквой к, мегаом — буквой М, гигаом (1 тыс. МОм) буквой Г и тераом (1 млн. МОм) буквой Т. При этом сопротивления от 100 до 910 Ом выражают в сотых долях килоома, а сопротивления от 100 до 910 тыс. Ом в сотых долях мегаома;

Таблица 12-1

Ряды номинальных сопротивлений резисторов широкого применения

Омы, килоомы, мегаомы			Омы, килоомы, мегаомы			Омы, килоомы, мегаомы		
Ряд Е6	Ряд Е12	Ряд Е24	Ряд Е6	Ряд Е12	Ряд Е24	Ряд Е6	Ряд Е12	Ряд Е24
1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
		1,1			11			110
	1,2	1,2		12	12		120	120
		1,3			13			130
1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
		1,6			16			160
	1,8	1,8		18	18		180	180
		2,0			20			200
2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
		2,4			24			240
	2,7	2,7		27	27		270	270
		3,0			30			300
3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
		3,6			36			360
	3,9	3,9		39	39		390	390
		4,3			43			430
4,7	4,7	4,7	47	47	47	470	470	470
		5,1			51			510
	5,6	5,6		56	56		560	560
		6,2			62			620
6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
		7,5			75			750
	8,2	8,2		82	82		820	820
		9,1			91			910
Соответствующие данному ряду допускаемые отклонения от номинального сопротивления, %			Соответствующие данному ряду допускаемые отклонения от номинального сопротивления, %			Соответствующие данному ряду допускаемые отклонения от номинального сопротивления, %		
±20	±10	±5	±20	±10	±5	±20	±10	±5

2) если сопротивление выражается целым числом, то обозначение единицы ставят после этого числа, а если сопротивление выражается целым числом с десятичной дробью, то целое число ставится впереди буквы, обозначающей единицу, а дробь — после буквы (буква заменяет запятую). Например, сопротивление 47 Ом обозначают 47Е, 4,7 кОм — 4 К7, 47 кОм — 47 к, 4,7 МОм — 4М7;

3) когда же сопротивление выражается десятичной дробью, меньшей единицы, буквенное обозначение единицы измерения располагается перед числом, а нуль и запятая из маркировки исключаются. Например, сопротивление 470 Ом = = 0,47 кОм обозначают К47, а 470 кОм = 0,47 МОм — М47.

На малогабаритных резисторах допускаемое отклонение наносится после обозначения номинального сопротивления следующими буквами:

Допуск, %	±0,1	±0,2	±0,5	±1	±2	±5	±10	±20
Маркировка	Ж	У	Д	Р	Л	И	С	В

Для обеспечения требуемого режима транзисторных или ламповых каскадов в них следует применять резисторы с отклонением сопротивления от номинального значения ± 10% и лишь в отдельных случаях допускается применение резисторов с отклонением ± 20%.

Максимальное напряжение $U_{макс}$ — наибольшее постоянное напряжение или действующее значение напряжения переменного тока, которое допустимо прикладывать к выводам резистора, сопротивление которого $R_{ном} \geqslant U^2_{макс}/P_{ном}$. Для резисторов с меньшим номинальным сопротивлением допускаемое напряжение

$$U = \sqrt{R_{ном} P_{ном}}.$$

Температурный коэффициент сопротивления (ТКС) — характеризует относительное изменение сопротивления резистора при изменении температуры на 1°С. Если при увеличении температуры сопротивление увеличивается (при уменьшении уменьшается) — ТКС резистора положительный; если же при увеличении (уменьшении) температуры сопротивление уменьшается (увеличивается) — ТКС отрицательный, перед его численным значением ставят знак минус. Непроволочные постоянные резисторы широкого применения имеют ТКС в пределах 0,03—0,12%/°С, а резисторы повышенной точности (БЛП, МГП, С2-15 и др.) — не более 0,01—0,02%/°С, при этом ТКС углеродистых и бороуглеродистых резисторов, как правило, отрицательный. ТКС проволочных резисторов ПЭ, ПЭВ и ПЭВТ не нормируется.

Шумы резистора оценивают по значению возникающей на его выводах *переменной э. д. с. шумов*, отнесенной к 1 В приложенного к резистору напряжения постоянного тока. Э. д. с. шумов принято измерять в полосе частот 50 Гц — 5 кГц при рассеянии резистором номинальной мощности. Углеродистые, металлопленочные и металлоокисные резисторы разделяют по величине э. д. с. шумов на группы: А — с э. д. с. шумов не более 1 мкВ/В и Б — до 5 мкВ/В. Э. д. с. шумов объемных резисторов больше.

Постоянные непроволочные резисторы

Металлопленочные резисторы. Основой такого резистора является керамическая цилиндрическая трубка, на которую нанесен слой специального сплава толщиной 0,1 мкм (рис. 12-2, табл. 12-2).

Углеродистые пленочные резисторы. Основой углеродистого пленочного резистора является керамический стержень круглого сечения. На его поверхность нанесен слой углерода. При той же допустимой мощности рассеяния размеры углеродистых резисторов больше, чем металлопленочных, и у них ниже максимальная рабочая температура (табл. 12-2, 12-3).

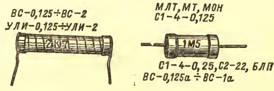


Рис. 12-2.

Бороуглеродистые пленочные резисторы. Они отличаются от углеродистых наличием примеси бора в углероде, что уменьшает зависимость сопротивления от температуры (табл. 12-2, 12-3).

Металлоокисные резисторы (МОН). В качестве электропроводящего слоя в них используется окись металла, чаще всего двуокись олова, нанесенная на поверхность керамического стержня. Металлоокисные резисторы отличаются большим постоянством параметров при воздействии переменных факторов внешней среды по сравнению с металлопленочными (изменение температуры и т. п.).

К о н т а к т н ы е в ы в о д ы большинства пленочных резисторов проволочные, торцевые. Они приварены к металлическим колпачкам, которые напрессованы на конце керамических стержней и трубок. Резисторы ВС, УЛИ и БЛП

Таблица 12-2

Постоянные пленочные резисторы

Тип резистора	$D \times l$, мм, не более	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
	Углеродистые		
ВС-0,125	2,5×7,0	10 Ом—1 МОм	150
ВС-0,25	5,5×17	27 Ом—2 МОм	350
ВС-0,5	5,5×27	27 Ом—10 МОм	500
ВС-1	7,6×30	27 Ом—10 МОм	700
ВС-2	10×48	27 Ом—10 МОм	1000
ВС-0,125а	2,4×7,3	10 Ом—1,0 МОм	100
ВС-0,25а	5,5×16	27 Ом—5,1 МОм	350
ВС-0,5	5,5×26	27 Ом—10 МОм	500
ВС-1	7,4×30	47 Ом—10 МОм	700
С1-4-0,125	2,4×7,3	10 Ом—2 МОм	250
С1-4-0,25	3,9×10	10 Ом—10 МОм	350
	Металлоокисные и металлопленочные		
МОН-0,5	4×10	1,0—100 Ом	7,0
МОН-1	6,5×13	1,0—100 Ом	10
МОН-2	8,5×18	1,0—100 Ом	15
МЛТ-0,125	2×6	51 Ом—2,2 МОм	200
МЛТ-0,25	3×7	51 Ом—3 МОм	250
МЛТ-0,5	4,2×11	100 Ом—5,1 МОм	350
МЛТ-1	6,6×13	100 Ом—10 МОм	500
МЛТ-2	8,6×18	100 Ом—10 МОм	750
МТ-0,125	2×7	100 Ом—1,1 МОм	200
МТ-0,25	2,7×8	100 Ом—2 МОм	200
МТ-0,5	4,2×11	100 Ом—5,1 МОм	350
МТ-1	6,6×18	100 Ом—10 МОм	500
МТ-2	8,6×28	100 Ом—10 МОм	700
МУН-0,5	4,2×11	24—200 Ом	10
МУН-1	6,6×13	24—200 Ом	14
МУН-2	8,6×18	24—200 Ом	20
С2-22-0,125	3×7	24 Ом—2,2 МОм	200
С2-22-0,25	4×11	24 Ом—5,1 МОм	250

Примечания: 1. Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{ном}$ (Вт): для ВС при $t_{окр} \leqslant 40$ °С; для ВС-0,125А, С1-4-0,125, С1-4-0,25, МЛТ, МОН при $t_{окр} \leqslant 70$°С; для С2-22-0,125, С2-22-0,25 при $t_{окр} \leqslant 55$°С.

2. Резисторы ВС, МЛТ, МТ, С2-22, МУН выпускаются с допускаемым отклонением от номинального сопротивления ±5, ±10 и ±20%, а резисторы С1-4 — с допускаемым отклонением ±2% (до 1 МОм), ±5 и ±10%.

3. Для резисторов ВС-0,125а с государственным Знаком качества максимальное значение напряжения $U_{макс} = 200$ В.

изготовляют также с ленточными выводами, составляющими единое целое с металлическими хомутиками, охватывающими концы стержня. Стержень (трубка) вместе с колпачками (хомутиками) покрыты влагостойкой эмалью.

Токопроводящие элементы углеродистых и металлопленочных резисторов некоторых типов заключены в оболочку из пластмассы; выводы проволочные.

Резисторы, предназначаемые для работы на СВЧ (например, МУН), защитного покрытия или оболочки не имеют.

Объемные резисторы. Токопроводящий элемент объемного постоянного непроволочного резистора представляет собой стержень *1* (рис. 12-3, табл. 12-4), изготовленный из сажи, корундового порошка и стеклоэмали (связующее вещество). Он подвергнут термической обработке (при которой все компоненты спекаются) и заключен в изоляционную стеклокерамическую оболочку прямоугольного сечения *3* (*2* — проволочные выводы, *4* — защитное покрытие).

Рис. 12-3.

Таблица 12-3

Постоянные пленочные резисторы повышенной точности

Тип резистора	$D \times l$, мм, не более	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
	Углеродистые и бороуглеродистые		
УЛИ-0,125	5,4×16	1 Ом — 459 кОм	200
УЛИ-0,25	7,2×16	1 — 9,76 Ом	1,5
	5,4×26	10 Ом — 1 МОм	350
УЛИ-0,5	10×17	0,75 — 9,76 Ом	2,2
	7,2×30	10 Ом — 1 МОм	500
УЛИ-1	12×26	1 — 9,76 Ом	3,0
	10×47	10 Ом — 1 МОм	700
БЛП-0,1	6,0×16	1 Ом — 100 кОм	100
БЛП-0,25	7,5×15	1 — 20 Ом	2,2
БЛП-0,25	6×26	20,3 Ом — 100 кОм	150
БЛП-0,5	10×17	1 — 20 Ом	30
БЛП-0,5	7,5×30	20,3 Ом — 100 кОм	220
БЛП-1	12×25	1 — 20 Ом	4,5
БЛП-1	10×47	20,3 Ом — 100 кОм	300
С1-8-0,25	6,3×13,2	10 Ом — 10 кОм	250
С1-8-0,5	6,3×17,7	10 Ом — 10 кОм	350
С1-8-1,0	11,0×30,3	10 Ом — 10 кОм	500
	Металлопленочные		
МГП-0,5	14×30	100 кОм — 5,1 МОм	400
С2-8-0,25	6,3×13,2	10,2 кОм — 5,11 МОм	250
С2-8-0,5	6,3×17,7	10,2 кОм — 5,11 МОм	350
С2-8-1,0	11,0×30,3	10,2 кОм — 10 МОм	500

Примечания: 1. Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{макс}$: для УЛИ при $t_{окр} \leqslant 60°C$; для БЛП, С1-8, С2-8 при $t_{окр} \leqslant 70°C$; для МГП при $t_{окр} \leqslant 55°C$.

2. Резисторы выпускают со следующими допускаемыми отклонениями от номинального сопротивления: УЛИ — ±1; ±2; ±3%; МГП — ±0,5; ±1%; С1-8 и С2-8 — ±1; ±2%.

Таблица 12-4

Постоянные непроволочные объемные резисторы

Тип резистора	Размеры корпуса, мм, не более	$R_{ном}$	$U_{макс}$, В
ТВО-0,125	8×1,4×2,5	3 Ом—100 кОм	100
ТВО-0,25	13×2,2×3,7	3 Ом—510 кОм	300
ТВО-0,5	19×2,2×3,7	10 Ом—1 МОм	400
ТВО-1	30×4,0×5,0	10 Ом—1 МОм	500
ТВО-2	37×5,0×6,0	10 Ом—1 МОм	750
ТВО-5	77×10×12	27 Ом—1 МОм	1500
ТВО-10	112×11×15	27 Ом—1 МОм	3000
ТВО-20	112×20×26	24 Ом—100 кОм	1400

Примечания: 1. Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{ном}$ при $t_{окр} \leqslant 85°C$.

2. Допускаемое отклонение сопротивлений от номинала составляет ±5; ±10 и ±20%.

Таблица 12-5

Проволочные эмалированные резисторы

Тип резистора	$D \times l$, мм, не более	$R_{ном}$	Тип резистора	$D \times l$, мм, не более	$R_{ном}$
Постоянные резисторы с гибкими выводами			ПЭВ-40	23×89	18 Ом—51 кОм
			ПЭВ-50	32×93	18 Ом—51 кОм
			ПЭВ-75	32×143	47 Ом—56 кОм
ПЭ-7,5	14×42	3,0 Ом—5,1 кОм	ПЭВ-100	34×174	47 Ом—56 кОм
ПЭ-15	16×52	3,0 Ом—5,1 кОм	ПЭВТ-3	16×27	43 Ом—1,3 кОм
ПЭ-20	20×52	2,4 Ом—5,1 кОм	ПЭВТ-10	16×43	10 Ом—3 кОм
ПЭ-25	25×52	4,7 Ом—5,6 кОм	ПЭВТ-25	23×52	15 Ом—7,5 кОм
ПЭ-50	25×93	1,0 Ом—16 кОм	ПЭВТ-50	32×93	20 Ом—20 кОм
ПЭ-75	25×164	1,0 Ом—30 кОм	ПЭВТ-75	32×144	20 Ом—27 кОм
ПЭ-150	33×219	1,0 Ом—51 кОм	ПЭВТ-100	32×175	20 Ом—43 кОм
Постоянные резисторы с жесткими выводами			*Регулируемые резисторы с жесткими выводами*		
ПЭВ-3	16×27	3,0—510 Ом	ПЭВР-10	16×43	3,0—220 Ом
ПЭВ-7,5	16×37	1,0 Ом—3,3 кОм	ПЭВР-15	19×47	5,1—220 Ом
ПЭВ-10	16×43	1,8 Ом—10 кОм	ПЭВР-20	19×52	10—430 Ом
ПЭВ-15	19×47	3,9 Ом—15 кОм	ПЭВР-25	23×52	10—510 Ом
ПЭВ-20	19×52	4,7 Ом—20 кОм	ПЭВР-30	23×73	15 Ом—1 кОм
ПЭВ-25	23×52	10 Ом—24 кОм	ПЭВР-50	32×93	22 Ом—1,5 кОм
ПЭВ-30	23×73	10 Ом—30 кОм	ПЭВР-100	32×174	47 Ом—2,7 кОм

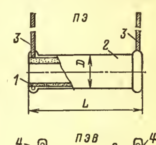
Примечания: 1. Число в обозначении типа резистора указывает значение $P_{ном}$ для ПЭ, ПЭВ, ПЭВР при $t_{окр} \leqslant 40°C$, для ПЭВТ при $t_{окр} \leqslant 300°C$.

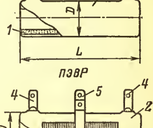
2. Допускаемое отклонение сопротивления не более ±5 или ±10%.

Проволочные эмалированные резисторы

Проволочный эмалированный резистор представляет собой керамическую трубку *1* (рис. 12-4, табл. 12-5), на которую намотана неизолированная проволока высокого удельного сопротивления. Для изготовления низкоомных резисторов применяют проволоку из константана (сплав меди с никелем), а для изготовления высокоомных — нихром. Обмотка покрыта теплостойкой неорганической стеклоэмалью *2*, которая изолирует друг от друга витки обмотки и защищает ее от влаги, механических повреждений и загрязнения. Выводы обмоток — металлические пластинки *4* для подпайки внешних проводников (латунные у резисторов ПЭВ, из нержавеющей стали у резисторов ПЭВТ) или гибкие жгуты, свитые из тонких медных проволок *3* (у резисторов ПЭ).

Проволочный эмалированный регулируемый резистор (ПЭВ-Р) отличается от постоянного эмалированного резистора с пластинчатыми выводами наличием дополнительной детали — охватывающего корпус латунного хомутика *5*, который может перемещаться вдоль корпуса резистора.





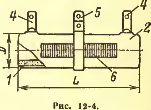


Рис. 12-4.

12-2. ПЕРЕМЕННЫЕ РЕЗИСТОРЫ

Классификация переменных резисторов

Регулировочные переменные резисторы применяют для изменения напряжения, тока или других параметров РЭА в процессе ее эксплуатации, например для регулирования усиления (громкости), тембра. Для удобства выполнения этих операций оси регулировочных резисторов снабжают ручками управления.

Подстроечные переменные резисторы используют для установки режимов аппаратуры при ее производстве, налаживании и после ремонта. Их оси оканчиваются шлицами; сопротивление изменяется с помощью отвертки.

Переменные пленочные резисторы выпускают в следующих конструктивных вариантах:

р е г у л и р о в о ч н ы е с одним или двумя отводами от токопроводящего элемента или без отводов. Резисторы с отводами применяют в тонкомпенсированных регуляторах громкости, к отводам подключают *RC*-цепочки;

р е г у л и р о в о ч н ы е с двухполюсным выключателем, приводимым в действие той же ручкой, с помощью которой изменяют сопротивление. Выключатель срабатывает в начале угла поворота оси; его используют для включения питания РЭА;

п о д с т р о е ч н ы е резисторы с устройством стопорения оси в выбранном положении. Такое устройство исключает возможность случайного изменения во время эксплуатации установленного сопротивления резистора.

Сдвоенный резистор — два конструктивно объединенных переменных резистора с общей осью (но каждый из них может иметь самостоятельные оси). Если оси расположены концентрически, каждая ось имеет отдельную ручку управления. Некоторые сдвоенные резисторы с двумя осями конструктивно объединены с выключателями питания. Резисторы, предназначаемые для тонкомпенсированной регулировки громкости, имеют отводы от токопроводящего элемента.

Рис. 12-5.

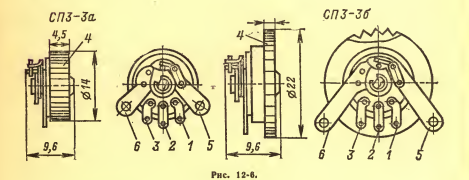


Рис. 12-6.

Наиболее распространенные регулируемые резисторы показаны на рис. 12-5 и 12-6, а подстроечные — на рис. 12-7. На этих рисунках *1*, *3* — выводы начала и конца токопроводящего элемента; *2* — вывод от подвижной контактной щетки; *4* — конец оси подвижной системы или ручка управления; *5*, *6* — выводы выключателя.

Параметры переменных резисторов

Функциональная характеристика — зависимость введенного сопротивления переменного резистора от положения его подвижной части (оси, ручки) приведена на рис. 12-8, где $R_п$ — сопротивление между крайними выводами резистора (пол-

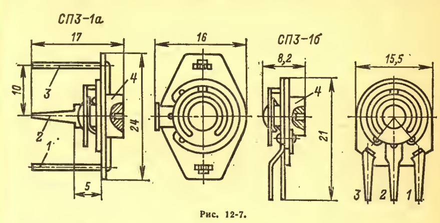


Рис. 12-7.

ное активное сопротивление токопроводящего элемента); $\alpha_п$ — полный угол поворота подвижной части (оси) резистора (у резисторов различных типов и конструкций этот угол составляет 220—295°); R — сопротивление резистора между левым и средним выводами; α — угол поворота оси от начального положения, соответствующий этому сопротивлению.

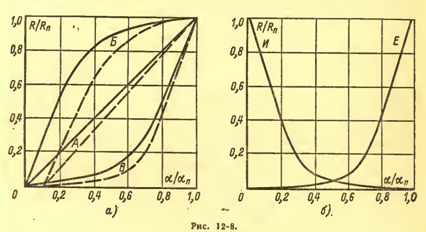


Рис. 12-8.

Переменные резисторы выпускают с функциональными характеристиками следующих видов:

А — сопротивление между средним и любым из крайних выводов резистора изменяется линейно, т. е. пропорционально углу поворота оси (рис. 12-8, *а*);

Б — сопротивление между средним и левым выводом при вращении оси по часовой стрелке (вид со стороны выступающего конца оси, контактные выводы внизу) изменяется по логарифмическому закону — вначале относительно резко и далее медленнее;

В — сопротивление между средним и левым выводом при вращении оси по часовой стрелке изменяется по обратнологарифмическому закону (показательная кривая) — вначале медленно и далее быстрее (рис. 12-8, *а*);

Е — в пределах первой половины полного угла поворота оси введенное сопротивление изменяется незначительно и далее резко увеличивается (рис. 12-8, *б*);

И — в пределах первой половины полного угла поворота оси введенное сопротивление резко уменьшается, а при дальнейшем повороте оси изменяется незначительно (рис. 12-8, *б*).

Подстроечные пленочные и объемные резисторы изготовляют только с функциональной характеристикой вида А. Регулировочные пленочные резисторы могут иметь функциональную характеристику любого вида. Однако с функциональными характеристиками видов Е и И изготавливают только композиционные сдвоенные регулировочные резисторы с общей осью, причем один из резисторов имеет характеристику вида Е, а другой — вида И. Их применяют в регуляторах стереобаланса двухканальных стереофонических устройств; один из них включают в левый, другой — в правый канал.

Штриховыми линиями на рис. 12-8, *а* выполнены функциональные характеристики регулировочных резисторов, конструктивно объединенных с выключателями.

Номинальное сопротивление $R_{ном}$ — обозначенное на резисторе сопротивление; измеряется между крайними выводами (от положения подвижной системы не зависит).

Переменные непроволочные резисторы широкого применения изготавливают с номинальными сопротивлениями по ряду Е6 (табл. 12-1) от 470 Ом до 4,7 МОм.

Композиционные резисторы СП3-4 с функциональной характеристикой вида А, кроме того, изготавливаются с номинальными сопротивлениями 220 и 330 Ом, а объемные СПО — 47, 68, 100, 140, 220 и 330 Ом. Резисторы с функциональными характеристиками вида Б и В выпускают только с номинальными сопротивлениями от 4,7 кОм до 2,2 МОм.

Сдвоенные резисторы типа СП3-7а с функциональными характеристиками вида Е/И изготовляют с номиналами 470 и 680 кОм, 1,0 и 2,2 МОм, а СП3-12 с такими же характеристиками — с номиналами 100 и 470 кОм, 1,0 и 2,2 МОм.

Для маркировки значения $R_{ном}$ применяют такие же кодовые обозначения, как и для постоянных резисторов (см. § 12-1). Фактическое сопротивление непроволочного резистора с $R_{ном} \leqslant 220$ кОм может отличаться от обозначенного на $\pm 20\%$, с большим значением $R_{ном}$ до $\pm 30\%$, а проволочных до ± 5 или $\pm 10\%$.

Допустимое отклонение сопротивления на переменных непроволочных резисторах обычно не маркируют. Буква после обозначения $R_{ном}$ указывает вид функциональной характеристики резистора. На подстроечных малогабаритных резисторах и СПО вид функциональной характеристики не маркирован.

Номинальная мощность рассеяния $P_{ном}$ (определение этого параметра см. § 12-1). Значения $P_{ном}$ пленочных переменных резисторов с функциональной характеристикой вида А не превышает 1 Вт, а с функциональными характеристиками других видов 0,5 Вт (для резисторов СП3-3 — 25 мВт). Объемные резисторы изготовляют с номинальными мощностями рассеяния 0,15—2 Вт.

Для большинства пленочных резисторов $t_{окр.макс} \leqslant 70°C$, для объемных СПО оно равно 125°C; однако пленочные резисторы работают надежно при $P_{ном}$, если $t_{окр} \leqslant 25 \div 40°C$, и объемные СПО, когда $t_{окр} \leqslant 85°C$.

Температурный коэффициент сопротивления (пояснение термина дано в § 12-1) непроволочных переменных резисторов обычно находится в пределах от $\pm 0,1$ до $\pm 0,2\%/°C$, при этом ТКС объемных резисторов имеет только отрицательное значение.

Номенклатура непроволочных переменных резисторов

Непроволочные переменные резисторы применяют для регулировки напряжений или токов в аппаратуре. В местах, где имеется повышенное выделение тепла, следует устанавливать резисторы с номинальной мощностью рассеяния, превышающей в два раза реальную.

В регуляторах громкости и тембра УНЧ возможно использование этих резисторов с любой мощностью рассеяния, причем для регулировки усиления следует применять резисторы с функциональной характеристикой вида В, а для регулировки тембра — с характеристикой вида А.

Отечественная промышленность выпускает пленочные переменные резисторы следующих типов.

Одиночные переменные и подстроечные экранированные: ВК, ВКУ-1, ВКУ-2 (⌀ 34 мм); СП-I, СП-II, СП-V (⌀ 29 мм); СП3-12 (⌀ 26 мм); СП3-4а, СП3-4б, СП3-9а, СП3-9б, СП-0,4 (⌀ 16 мм); СП3-6 и СП3-6а (⌀ 12 мм). Резисторы СП-II, СП3-3б и СП3-9б имеют стопоры осей. Резисторы СП3-2б, СП3-4б, СП3-6 и СП3-6а рассчитаны на печатный монтаж, остальные — на навесной. Резисторы ВКУ-1 и ВКУ-2, предназначаемые для использования в регуляторах громкости, имеют соответственно один и два отвода для подключения *RC*-цепей частотной коррекции.

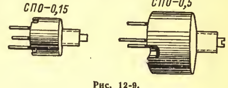


Рис. 12-9.

Одиночные переменные экранированные с двухполюсными выключателями: ТКД (⌀ 34 мм); СП3-10б (⌀ 29 мм); СП3-4в и СП3-4г (⌀ 16 мм). Последний предназначается для печатного монтажа.

Одиночные подстроечные неэкранированные СП3-1а и СП3-1б рассчитаны на монтаж на печатных платах.

Одиночные переменные неэкранированные малогабаритные с выключателями: СП3-3а (⌀ 14 мм); СП3-3б, СП3-3в (⌀ 22 мм). Последний предназначен для печатного монтажа. Выключатели рассчитаны на ток до 0,15 А при напряжении не свыше 50 В.

Сдвоенные переменные экранированные: СНК — 34 мм; СП-III, СП-IV, СП3-10а (⌀ 29 мм); СП3-7 (⌀ 26 мм); СП3-4д (⌀ 16 мм). Резистор СП-IV снабжен стопором оси. Управление каждым из резисторов, входящих в СНК и СП3-10а, независимое.

Сдвоенные переменные экранированные с двухполюсными выключателями: СНВКД и СП3-8 (⌀ 34 мм), СП3-10в (⌀ 29 мм); входящий в изделие СП3-8 резистор с функциональной характеристикой вида В имеет отвод для подключения цепи тонкомпенсации.

Наиболее распространенные объемные переменные резисторы (рис. 12-9) СПО-0,15 (⌀ 10 мм), СПО-0,5 (⌀ 16 мм), СПО-1 (⌀ 21 мм), СПО-2 (⌀ 28 мм).

12-3. ТЕРМОРЕЗИСТОРЫ

Терморезисторами называют непроволочные объемные резисторы, сопротивление которых значительно зависит от температуры. Они имеют форму стержней, пластинок, дисков, шайб (рис. 12-10) или бусинок (рис. 12-11). Наибольшее распространение имеют терморезисторы с отрицательными ТКС, изготовленные из смесей окислов кобальта, меди и марганца (типы СТ1, СТ3, ММТ, КМТ). Кроме того, выпускаются позисторы — терморезисторы, обладающие в ограниченном диапазоне температур положительным ТКС (типы СТ5, СТ6); последние изготовлены на основе титаната бария.

Терморезисторы с отрицательными ТКС используют для температурной стабилизации электрических цепей и контуров, в частности для стабилизации режи-

мов транзисторных каскадов, для температурной компенсации электроизмерительных приборов, в устройствах измерения и регулирования температуры и в устройствах автоматики и контроля.

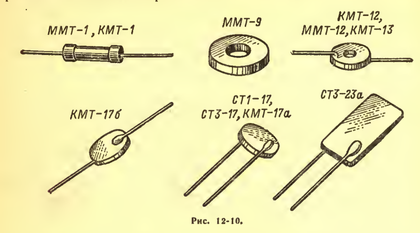


Рис. 12-10.

Позисторы обычно используют в термостатах кварцевых резонаторов. При этом они выполняют роль регуляторов температуры или нагревательных элементов. Наряду с терморезисторами, обладающими отрицательными ТКС, позисторы также используют для температурной стабилизации режимов транзисторов; их включают в эмиттерные цепи транзисторов.

Номинальное сопротивление $R_{ном}$ обозначается на терморезисторах с отрицательными ТКС (см. табл. 12-6). Измеряют номинальное сопротивление при температуре окружающей среды 20 ± 1°С и при минимальной мощности рассеяния. Для отдельных типов терморезисторов, предназначаемых для измерения высоких температур, номинальное сопротивление нормируется при температуре 150°С. Максимально допустимое отклонение от номинала терморезисторов с отрицательным ТКС составляет ± 10 или ± 20%.

СТ1-18 СТ3-25

Рис. 12-11.

На позисторах (терморезисторы с положительным ТКС в определенном диапазоне температур) номинальные сопротивления не маркируют. При одной и той же температуре сопротивления позисторов одного и того же типономинала могут значительно различаться.

Минимальная мощность рассеяния $P_{мин}$ — значение рассеиваемой электрической мощности на терморезисторе при 20 ± 1°С; при этом сопротивление изменяется не более чем на 1%.

Таблица 12-6

Полупроводниковые терморезисторы

Тип терморезистора (конструктивный вид)	Размеры корпуса, мм, не более	$R_{ном}$	$t_{окр.мин}$, °C	$t_{окр.макс}$, °C	$P_{макс}$, мВт		$P_{мин}$, мВт	ϑ, мВт/°C	τ, с, не более	Численное значение ТКС, %/°C
					при 20 °C	при $t_{окр.макс}$				
Терморезисторы с отрицательным ТКС										
КМТ-1 (С)	⌀ 3,0×13	22 кОм — 1,0 МОм	−60	180	1000	0,3	1,0	5,0	85	4,2—8,4
КМТ-11 (С)	⌀ 1,0×3,5	100 кОм — 3,0 МОм	0	120	—	—	—	0,8	10	≥4,2
КМТ-12 (К)	⌀ 17×3,0	100 Ом — 10 кОм	−40	125	—	0,3	—	7,0	—	4,2—8,4
КМТ-17 (ДВ)	⌀ 5,0×25	330 Ом — 22 кОм	−60	155	—	0,2	0,5	10	30	4,2—8,4
ММТ-1 (С)	⌀ 3,0×13	1,0 — 220 кОм	−60	125	6000	0,4	1,3	5,0	85	2,4—5,0
ММТ-6 (С)	⌀ 0,8×8,0	10 — 10 кОм	−60	120	100	0,5		1,7	35	≥2,4
ММТ-9 (К)	⌀ 19×3,0	10 Ом — 4,7 кОм	−60	125	—	2,0	10			2,4—5,0
ММТ-12 (КВ)	⌀ 17×3,0	4,7 Ом — 1,0 кОм	−60	120	—		2,0	7,0	—	2,4—4,0
ММТ-13 (КВ)	⌀ 10×3,5	10 Ом — 2,2 кОм	−60	125	—	0,3	1,0			2,4—5,0
СТ1-17 (ДВ)	⌀ 5,0×25	330 Ом — 22 кОм	−60	100	—	0,2	0,5	10	30	4,2—7,0
СТ1-18 (Б)	60×4×2,5	1,5; 2,2; 22; 33 кОм; 1,5; 2,2 МОм	−90	125	45	0,03	—	0,2	1,0	≥2,5
СТ3-18 (Б)	60×4×2,5	680 Ом; 1,0—3,3 кОм	−90	125	15	0,02		0,18	1,0	2,5—4,1
СТ3-23 (П)	16×8,0×3,0	2,2—4,7 Ом	0	125		2,0	10	9,0	—	3,1—3,7
СТ3-25 (Б)	33×33	1,5; 2,2; 3,3 кОм	−100	125	8,0	0,01		0,08	0,4	3,0—3,75
Позисторы										
СТ5-1 (ДВ)	⌀ 5,0×2,5	20 — 150 Ом	+100	200	1600		—	9,0	20	≥20
СТ6-1А (ДВ)	⌀ 5,0×2,5	40 — 400 Ом	+40	155	1000	—	—	9,0	20	≥10
СТ6-1Б (ДВ)	⌀ 5,0×2,5	100 — 700 Ом	+20	125	800	—	—	9,0	20	≥15
СТ6-2Б (Д)	⌀ 20×1,5	10 — 100 Ом	0	125	1300	—	—	14	—	≥15
СТ6-3Б (ДВ)	⌀ 2,0×2,0	1 — 10 кОм	+10	125	200	—	—	0,25	5,0	≥15
СТ6-4Б (ДВ)	⌀ 7,0×5,0	100 — 400 Ом	+20	125	800	—	—	9,0	40	≥15
СТ6-4В (ДВ)	⌀ 7,0×5,0	500 Ом — 3,0 кОм	0	125	800	—	—	9,0	40	≥10
СТ6-4Г (ДВ)	⌀ 7,0×5,0	100 Ом — 10 кОм	−20	125	800	—	—	9,0	40	≥8,0

Примечания: 1. Конструктивный вид терморезисторов: Б — бусииковый, Д — дисковый без выводов, ДВ — дисковый с проволочными выводами, К — кольцевой без выводов, КВ — кольцевой с проволочными выводами, П — прямоугольный, С — стержневой.

2. Номинальные сопротивления $R_{ном}$ указаны для $t_{окр} = 20\pm1$ °C (для СТ1-18 при 180 °C). Допускаемые отклонения от $R_{ном}$ при $t_{окр} = 20\pm1$ °C; для КМТ-12 и ММТ-12 — не более ±30%; для ММТ-9, КМТ-17, СТ1-17, СТ3-17 и СТ3-23 — не более ±10 или ±20%; для остальных терморезисторов с отрицательным ТКС — не более ±20%. Сопротивление позистора каждого данного образца может находиться в пределах значений, указанных в таблице для данного типа.

3. Кратность изменения сопротивления позисторов — отношение максимального сопротивления к минимальному в области температур, соответствующих положительным ТКС: для СТ5-1, СТ6-1А, СТ6-4В, СТ6-5Б — не менее 10^3; для СТ6-1Б, СТ6-2В, СТ6-3Б, СТ6-4Б — не менее 10^4.

Максимальная мощность рассеяния $P_{макс}$ — значение мощностн тока, разогревающего терморезистор, находящнйся при $t_{окр} = 20 \pm 1$ °С, до макснмально допускаемой для него температуры.

При известном зиачении максимальной мощности рассеяния $P_{макс1}$ для некоторой температуры t_1 допускаемое значение мощности рассеяния для другой, более высокой температуры t_2 можно определить по формуле

$$P_{макс\,2} = P_{макс\,1} - (t_2 - t_1)\,\vartheta,$$

где ϑ — коэффицнент рассеяния.

Максимально допускаемая температура окружающей среды $t_{окр.\,макс}$ одновремеино является и максимально допускаемой температурой нагрева терморезистора.

Минимальная рабочая температура $t_{окр.\,мин}$. Для терморезисторов с отрицательным ТКС — это наиболее низкая температура, при которой гарантируется их работоспособность. Для позисторов в графе $t_{окр.\,мин}$ (табл. 12-6) указано значение температуры, ииже которой ТКЕ может принять отрицательное значеиие.

Тепловая постоянная времени терморезистора τ — время, в течение которого температура тела терморезистора снижается в е раз (е $\approx 2{,}7$ — основание иатуральных логарифмов), т. е. на 63°С, после переноса терморезнстора нз среды с $t_{окр} = 120$ °С в среду с $t_{окр} = 20$ °С.

12-4. ВАРИСТОРЫ

Варисторами (рис. 12-12) называют непроволочные резнсторы объемного типа, вольт-амперная характеристика которых представляет собой кривую, близкую по форме к многостепенной параболе (электрическое сопротнвление варистора быстро уменьшается прн увелнченин прнложенного к нему напряжения).

Так как вольт-амперные характеристики варисторов для напряжений различной полярностн снмметрнчны, варисторы применимы в цепях постоянного тока, в цепях переменного тока с частотамн до нескольких килогерц и в цепях с импульсными токамн.

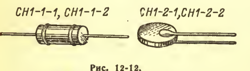


Рис. 12-12.

Нелинейные свойства варисторов позволяют применять их в стабилнзаторах н ограничителях напряжения, в частности, в устройствах стабилизации высоковольтных источников напряжения телевизоров, для стабилизации токов в отклоняющих катушках кинескопов, в системах размагничнвания цветных кинескопов н в системах автоматического регулировання.

Варисторы имеют форму дисков нлн стержней, изготовленных из кристаллов карбида кремния со связующим веществом.

Номинальное классификационное напряжение $U_{кл}$ — постоянное напряжение, прн подаче которого на варистор через него проходит ток заданной величины $I_{кл}$, который также называют классифнкационным (см. табл. 12-7, 12-8). Фактическое напряжение $U_{кл}$ может отлнчаться от номинвльного на ± 10 или $\pm 20\%$.

Максимально допускаемое импульсное напряжение $U_{и.\,макс}$ для дисковых варисторов различных номиналов превышает значение $U_{кл}$ в 3—4,5 раза, а для стержиевых в 1,3—2 раза прн условии, что среднее значение рассеиваемой мощности на варисторе не превышает номннального значения.

Коэффициент нелинейности варистора β — отношение сопротнвлеиия ввристора постоянному току к его сопротивлеиию переменному току.

Номинальная мощность рассеяния $P_{ном}$ определяется, как и для обычных резисторов, как пронзведенне тока через варистор на прнложенное к нему напря-

жение (в импульсном режиме берут средние значения тока и напряжения); указанные в табл. 12-7 и 12-8 значения $P_{ном}$ допускаются при температуре окружающей среды $t_{окр}$ не выше обозначенной в примечаниях к этим таблицам.

Таблица 12-7

Параметры стержневых варисторов

$U_{кл}$, В	$U_{н.\ макс}$, кВ	β не менее	$U_{кл}$, В	$U_{н.\ макс}$, кВ	β не менее	$U_{кл}$, В	$U_{и.\ макс}$, кВ	β не менее
СН1-1-1 (∅ 9×19 мм), $P_{ном}=1$ Вт, $I_{кл}=10$ мА			1300	1,7	4,5	СН1-6 (∅ 35×9 мм), $P_{ном}=2{,}5$ Вт, $I_{кл}=20$ мА		
			1500	2,0	4,5			
560	1,2	3,5	СН1-1-2 (∅ 7×16 мм), $P_{ном}=0{,}8$ Вт, $I_{кл}=10$ мА			33	0,15	4,0
680	1,3	4,0				СН1-8 (∅ 13×120), $P_{ном}=2{,}0$ Вт, $I_{кл}=50$ мкА		
820	1,4	4,0	560	1,2	3,5			
1000	1,5	4,0	680	1,3	4,0	20 000	30	6,0
1200	1,6	4,0	1300	1,7	4,5	25 000	30	6,0

Примечание. Указанные значения $P_{ном}$ допустимы до следующих значений $t_{окр}$: 70 °С — для СН1-1-1 и СН1-1-2; 75 °С — для СН1-6.

Таблица 12-8

Параметры дисковых варисторов

$U_{кл}$, В	$U_{и.\ макс}$, В	β не менее	$U_{кл}$, В	$U_{н.\ макс}$, В	β не менее	$U_{кл}$, В	$U_{и.\ макс}$, В	β не менее
СН1-2-1 (∅ 16×8 мм), $P_{ном}=1$ Вт, $I_{кл}=3$ мА			СН1-2-2 (∅ 12×7 мм), $P_{ном}=1$ Вт, $I_{кл}=3$ мА			82	200	3,5
						100	230	3,5
56	180	3,5	15	60	3,0	СН1-10 (∅ 40×10 мм), $P_{ном}=3$ Вт, $I_{кл}=10$ мА		
68	210	3,5	18	70	3,0			
82	250	3,5	22	80	3,0	15	75	3,2
100	300	3,5	27	90	3,0	18	90	3,2
120	360	3,5	33	95	3,0	22	110	3,2
150	450	3,5	39	110	3,0	27	135	3,2
180	550	3,5	47	120	3,5	33	165	3,2
220	650	3,5	56	150	3,5	39	195	3,2
270	800	3,5	68	170	3,5	47	235	3,2

Примечание. Указанные значения $P_{ном}$ для варисторов СН1-2-1 и СН1-2-2 допустимы при $t_{окр} \leqslant 60$°С.

12-5. КОНДЕНСАТОРЫ ПОСТОЯННОЙ ЕМКОСТИ

Параметры конденсаторов

Номинальная емкость $C_{ном}$ — емкость, обозначенная на конденсаторе. Конденсаторы постоянной емкости широкого применения выпускают с номинальными емкостями, указанными в табл. 12-9; номинальные емкости бумажных, металлобумажных и пленочных конденсаторов некоторых старых типов, а также элект-

Таблица 12-9

Ряды номинальных емкостей электролитических конденсаторов широкого применения

Доли микрофарады						Пикофарады, нанофарады (тысячи пикофарад), микрофарады								
Ряд E6	Ряд E12	Ряд E24	Ряд E6	Ряд E12	Ряд E24	Ряд E6	Ряд E12	Ряд E24	Ряд E6	Ряд E12	Ряд E24	Ряд E6	Ряд E12	Ряд E24
0,01	0,01	0,01	0,1	0,1	0,1	1,0	1,0	1,0	10	10	10	100	100	100
		0,011			0,11			1,1			11			110
	0,012	0,012		0,12	0,12		1,2	1,2		12	12		120	120
		0,013			0,13			1,3			13			130
0,015	0,015	0,015	0,15	0,15	0,15	1,5	1,5	1,5	15	15	15	150	150	150
		0,016			0,16			1,6			16			160
	0,018	0,018		0,18	0,18		1,8	1,8		18	18		180	180
		0,02			0,2			2,0			20			200
0,022	0,022	0,022	0,22	0,22	0,22	2,2	2,2	2,2	22	22	22	220	220	220
		0,024			0,24			2,4			24			240
	0,027	0,027		0,27	0,27		2,7	2,7		27	27		270	270
		0,03			0,3			3,0			30			300
0,033	0,033	0,033	0,33	0,33	0,33	3,3	3,3	3,3	33	33	33	330	330	330
		0,036			0,36			3,6			36			360
	0,039	0,039		0,39	0,39		3,9	3,9		39	39		390	390
		0,043			0,43			4,3			43			430
0,047	0,047	0,047	0,47	0,47	0,47	4,7	4,7	4,7	47	47	47		470	470
		0,051			0,51			5,1			51			510
	0,056	0,056		0,56	0,56		5,6	5,6		56	56		560	560
		0,062			0,62			6,2			62			620
0,068	0,068	0,068	0,68	0,68	0,68	6,8	6,8	6,8	68	68	68	680	680	680
		0,075			0,75			7,5			75			750
	0,082	0,082		0,82	0,82		8,2	8,2		82	82		820	820
		0,091			0,91			9,1			91			910
Соответствующие данному ряду допускаемые отклонения от номинального значения, %														
± 20 (и более)	± 10	± 5	± 20 (и более)	± 10	± 5	± 20 (и более)	± 10	± 5	± 20 (и более)	± 10	± 5	± 20 (и более)	± 10	± 5

ролитических конденсаторов с алюминиевыми анодами не соответствуют указанным в табл. 12-9.

Фактическая емкость конденсатора может отличаться от обозначенной на нем на величину, не превышающую допускаемого отклонения (см. далее).

Номинальную емкость маркируют на конденсаторе полностью (может быть не обозначена единица «пФ») или же с использованием следующего кода (для миниатюрных конденсаторов):

1. Емкости менее 100 пФ выражают в пикофарадах; для обозначения этой единицы измерения используют букву П.

2. Емкости от 100 до 9100 пФ выражают в долях нанофарады, а от 0,01 до 0,091 мкФ — в нанофарадах; для обозначения нанофарады применяют букву Н.

3. Емкости от 0,1 мкФ и выше выражают в микрофарадах; для обозначения этой единицы применяют букву М.

4. Если номинальная емкость выражается целым числом, то обозначение единицы измерения ставят после этого числа. Например, емкость 15 пФ обозначают 15П, а емкость 0,015 мкФ = 15 нФ обозначают 15Н.

5. Если номинальная емкость выражается десятичной дробью, меньшей единицы, то нуль целых и запятая из маркировки исключаются, а буквенное обозначение единицы измерения располагается перед числом. Например, емкость 150 пФ = 0,15 нФ обозначают Н15, а емкость 0,15 мкФ обозначают М15.

6. Если номинальная емкость выражается целым числом с десятичной дробью, то целое число ставят впереди, а десятичную дробь после буквы, т. е. буква, обозначающая единицу измерения, заменяет запятую. Например, емкость 1,5 пФ обозначают 1П5, а емкость 1500 пФ = 1,5 нФ обозначают 1Н5.

Допускаемое отклонение от номинальной емкости в нормальных условиях маркируется после обозначения номинальной емкости цифрами в процентах, пикофарадах или по коду согласно табл. 12-10.

Таблица 12-10

Кодирование допускаемых отклонений от номинальных емкостей конденсаторов

Допускаемое отклонение, %	Код	Допускаемое отклонение, %	Код	Допускаемое отклонение, %	Код
+100 −10	Ю	+50 −20	Б	±5	И
				±2	Л
+100 −0	Я	+50 −10	Э	±1	Р
				±0,5	Д
+80 −20	А	±30	Ф	±0,2	У
		±20	В	±0,1	Ж
		±10	С		

Примечание. На конденсаторах с $C_{ном} \leqslant 10$ пФ допускаемое отклонение ±0,4 пФ кодируется буквой Х.

Температурный коэффициент емкости (ТКЕ) — параметр, характеризующий относительное изменение емкости конденсатора под влиянием изменений температуры. Выражается в миллионных долях на градус (10^{-6}/°С). ТКЕ может принимать положительные или отрицательные значения. Если с ростом температуры емкость конденсатора увеличивается, то ТКЕ положителен, и наоборот. Нормируется ТКЕ лишь керамических, стеклокерамических, слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов, которые обычно используют в резонансных контурах и других ВЧ цепях, где необходима стабильность емкости или заданная закономерность ее

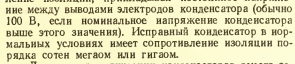
изменения при изменениях температуры. Для всех других типов конденсаторов указывают относительное изменение емкости в диапазоне рабочих температур.

Номинальное напряжение $U_{ном}$ — максимально допустимое постоянное напряжение или сумма постоянной составляющей и амплитуды переменной составляющей напряжения (или однополярного импульсного напряжения), при котором конденсатор может надежно и длительно работать (в основном в цепях постоянного или пульсирующего тока). При работе конденсатора в цепи переменного тока предельно допустимое действующее значение переменного напряжения должно быть меньше $U_{ном}$.

Для конденсатора, рассчитанного специально для работы в цепи переменного тока (МБГЧ-1, СМ), номинальным напряжением является максимально допускаемое действующее значение переменного напряжения частотой 50 Гц. При использовании конденсатора в цепях с токами большей частоты допускаемое напряжение снижается.

Если значение $U_{ном}$ на конденсаторе не обозначено, его находят по справочной таблице.

Сопротивление изоляции $R_{из}$ — параметр, характеризующий качество диэлектрика конденсатора и, следовательно, ток утечки через него. Измеряют сопротивление изоляции, прикладывая постоянное напряжение между выводами электродов конденсатора (обычно 100 В, если номинальное напряжение конденсатора выше этого значения). Исправный конденсатор в нормальных условиях имеет сопротивление изоляции порядка сотен мегаом или гигаом.



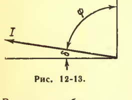


Рис. 12-13.

Для электролитических конденсаторов вместо сопротивления изоляции указывают предельный ток утечки при номинальном напряжении.

Потери энергии в конденсаторе, работающем в цепи переменного тока, характеризуют тангенсом угла δ, который является дополнением до 90° к углу сдвига фаз φ между действующими значениями напряжения U на конденсаторе и проходящим через него током I, т. е. $\delta = 90° - \varphi$ (рис. 12-13). Величина, обратная тангенсу угла потерь, называется добротностью конденсатора (Q).

Реактивная мощность P_q — параметр, регламентируемый для керамических, слюдяных и стеклоэмалевых конденсаторов, используемых в ВЧ цепях. Этот параметр используют при расчете ВЧ контуров передатчиков.

Так как потери в конденсаторах этих видов невелики, т. е. $\varphi \to 90°$ и $\cos\varphi \to 1$, то практически

$$P_q = UI. \qquad (12\text{-}1)$$

Для каждого конструктивного вида конденсатора нормируется номинальное (предельное) значение реактивной мощности, которое недопустимо превышать. При данном виде диэлектрика номинальное значение P_q зависит от размеров конденсатора и его конструктивных особенностей (см. табл. 12-13). Действующее значение переменного напряжения U [В] с частотой f [Гц] на конденсаторе емкостью C [пФ], при котором реактивная мощность достигает $P_{q\,макс}$ [В·А], определяется по формуле

$$U = 400 \cdot 10^3 \sqrt{\frac{P_{q\,макс}}{fC}}. \qquad (12\text{-}2)$$

Потери мощности переменного тока в диэлектрике конденсатора

$$P_а = P_q \operatorname{tg} \delta.$$

Таблица 12-11

Маркировка ТКЕ конденсаторов с диэлектриком из ВЧ керамики

Цвет окраски		Условное обозначение группы по ТКЕ	ТКЕ в интервале температур 20—85 °С
корпуса	точки на корпусе		
Синий	—	П100	$+100 \pm 30 \cdot 10^{-6}$
Серый	—	П33	$+33 \pm 30 \cdot 10^{-6}$
Голубой	—	М47	$-47 \pm 30 \cdot 10^{-6}$
Голубой	Красный	М75	$-75 \pm 30 \cdot 10^{-6}$
Красный	Желтый	М220	$-220 \pm 40 \cdot 10^{-6}$
Красный	Зеленый	М330	$-330 \pm 60 \cdot 10^{-6}$
Красный	Синий	М470	$-470 \pm 90 \cdot 10^{-6}$
Красный	—	М700	$-700 \pm 100 \cdot 10^{-6}$
Красный	—	М750	$-750 \pm 100 \cdot 10^{-6}$
Зеленый	—	М1300	$-1300 \pm 200 \cdot 10^{-6}$
Зеленый	—	М1500	$-1500 \pm 200 \cdot 10^{-6}$
Зеленый	Желтый или серый	М2200	$-2200^{+500}_{-300} \cdot 10^{-6}$

Керамические конденсаторы постоянной емкости

Виды и свойства конденсаторной керамики. Конденсаторная керамика делится на высокочастотную (тиконд, термоконд и др.), которая обладает малыми диэлектрическими потерями в электрических полях радиочастоты (на частотах нескольких мегагерц $\operatorname{tg}\delta \leqslant 0{,}002$) и диэлектрической проницаемостью в пределах 12—1500, и низкочастотную (сегнетокерамику), для которой характерны высокие значения диэлектрической проницаемости — 1000—8000. Однако в НЧ керамике больше диэлектрические потери: на частотах порядка килогерц $\operatorname{tg}\delta \leqslant 0{,}04$ и возрастает с повышением частоты.

От вида и группы примененной керамики зависит температурная стабильность емкости керамических конденсаторов. Конденсаторы с диэлектриком из ВЧ керамики разделяются на группы по значениям ТКЕ, а конденсаторы из НЧ керамики — по относительному изменению емкости в рабочем диапазоне температур.

Каждой группе присвоено условное обозначение. Буква в обозначении групп конденсаторов из ВЧ керамики указывает знак ТКЕ: П — положительный, М — отрицательный, а число — среднее значение ТКЕ $\times 10^{-6}$ на частотах порядка мегагерц (табл. 12-11).

Таблица 12-12

Маркировка конденсаторов с диэлектриком из НЧ керамики

Цвет точки на оранжевом корпусе	Условное обозначение группы	Изменение емкости в диапазоне температур от −60 до +85 °С/%, не более
Зеленый	Н30	±30
Синий	Н50	±50
	Н70	−70
Белый	Н90	−90

Условное обозначение конденсаторов из НЧ керамики состоит из буквы Н («низкочастотная») и числа, указывающего, на сколько процентов может уменьшиться емкость конденсатора в установленном рабочем диапазоне температур по сравнению с емкостью, измеренной при $t_{окр} = 20 \pm 5°$ С (табл. 12-12).

Конденсаторы с малыми значениями ТКЕ (группы П33, М47, М75) называют термостабильными, а конденсаторы с большими отрицательными значениями ТКЕ (М750) — термокомпенсирующими: применение последних в резонансных контурах позволяет улучшить стабильность их настройки в условиях изменяющейся температуры.

Конденсаторы из НЧ керамики, а также из ВЧ керамики группы М1500 применяют в качестве блокировочных и разделительных.

Группу ТКЕ или допускаемое изменение емкости в диапазоне рабочих температур чаще всего маркируют окраской корпуса конденсатора и цветными метками согласно табл. 12-11 и 12-12.

Приведенные на рис. 12-14 кривые иллюстрируют относительное изменение емкости $C_t/C_{t=20°C}$ керамических конденсаторов с различными значениями ТКЕ при изменении температуры.

Таблица 12-13

Номинальные реактивные мощности конденсаторов с диэлектриком из высокочастотной керамики

Тип конденсатора	Размеры корпуса, мм	P_q, вар
КД-1	Ø 4,5	20
	Ø 5,5	30
	Ø 6,5	40
КД-2, КДУ	Ø 6,5	20
	Ø 8,5	40
	Ø 10	60
	Ø 12,5	80
	Ø 16,5	100
КДО-1, КДО-2	Ø 10	75
	Ø 12	75
КТ-1	Ø 3×10	20
	Ø 3×12	30
	Ø 3×16	40
	Ø 3×20	50
КТ-2	Ø 5×12	50
	Ø 5×16	50
	Ø 5×20	75
	Ø 5×25	75
	Ø 5×30	100
	Ø 5×40	125
	Ø 5×50	150

Тип конденсатора	Размеры корпуса, мм	P_q, вар
КТ-3	Ø 10×12	300
	Ø 10×20	400
	Ø 10×30	600
	Ø 10×40	800
	Ø 10×50	1000
	Ø 10×60	1200
КО-1, КО-2	Ø 7×12	50
	Ø 8×15	75
КТП-1	Ø 7×12	30
	Ø 7×16	40
КТП-2	Ø 8×16	50
	Ø 8×20	60
КТП-3	Ø 10×20	60
	Ø 10×28	70

Тип конденсатора	Размеры корпуса, мм	P_q, вар
КЛГ-1, КЛГ-2, КЛГ-3	4×5×4	100
	6×5×4	120
	8×5×4	150
	10×5×4	150
КЛС-1, КЛС-2, КЛС-3	4×5×4	75
	5×6×4	100
	6×6×4	125
	6×9×4	150
	6×11×4	175
КМ-4, КМ-5	5×4×6	10
	7×6×4	10
	9×8×4	20
	11×10×4	30
	13×12×4	40
КМ-6	6×6×6	10
	7×7×6	10
	9×9×6	20
	11×11×6	30
	13×13×6	40
К10-7В	4×4×4	20
	6×6×4	40
	8×8×4	60
	10×10×4	80
	12×12×4	100

Для некоторых типов керамических коиденсаторов примеияют иные способы маркировки:

1. Указанным в табл. 12-11 и 12-12 цветом для маркировочной точки окрашивается одна стороиа корпуса (коидеисаторы КЛГ).

2. Группа ТКЕ или допускаемое измеиенне емкостн при измененнях температуры обозначается двумя цветиыми точками или полосками; одна из иих нмеет цвет, указаниый в первой графе табл. 12-11, или оранжевый иа конденсаторах групп Н30-Н90, а расположеииая рядом точка нлн более узкая полоска нмеет цвет, указанный в табл. 12-11 и 12-12 для маркнровочной точки. В последнем случае коидеисатор может быть окрашеи в любой цвет, за нсключеннем указанных в таблнцах.

3. Группа ТКЕ нлн допускаемое измененне емкости в диапазоне рабочнх температур маркируется буквой и числом согласно таблнцам.

Коиструктивные виды керамических коидеисаторов. Наибольшее распространение в РЭА нмеют керамнческие коидеисаторы следующих вндов.

Рис. 12-14.

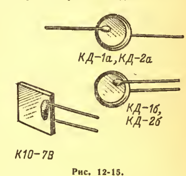


Рис. 12-15.

Д и с к о в ы е. Электроды иаиесены иа поверхности круглой керамической пластинкн. К нем припаяны выводы из медной посеребренной проволокн (коидеисаторы КД — см. рнс. 12-15, табл. 12-14). Коидеисаторы КДУ нмеют лепестковые выводы. Индуктивность таких выводов меньше, чем проволочных. Это позволяет использовать коидеисаторы КДУ иа частотах до 500 МГц.

Д и с к о в ы е о п о р н ы е (табл. 12-16). Отлнчаются от обычиых днсковых тем, что однн из электродов всей своей поверхностью припаян к плоской головке болта, а вывод от второго электрода выполиеи в виде коитактиого лепестка (рис. 12-16). С помощью болта с гайкой коидеисатор крепят в отверстие монтажиой панелн; болт обеспечнвает электрическнй коитакт между прнпаяиным к нему электродом и шасси. Поэтому опорные коидеисаторы целесообразио применять в тех случаях, когда одии из электродов должеи быть заземлен.

Прямоугольные (К10-7В). Отличаются от дисковых тем, что электроды нанесены на поверхность квадратной керамической пластинки (см. рис. 12-15, табл. 12-16); $C_{ном} = 15 \div 1000$ пФ (ВЧ), 680 пФ $\div$ 0,047 мкФ (НЧ).

Таблица 12-14

Параметры дисковых керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	КД-1 (∅ 4,5—6,5 мм)		КД-2 (∅ 6,5—8,5 мм)		КДУ (∅ 8,5—16,5 мм)	
	$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, пФ	$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, пФ	$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, пФ
П100	250	1,0—7,5	500	1,0—12	500	1,0—2,2
П33		1,0—10		1,0—30		1,0—27
М47		1,0—15		1,0—43		3,3—27
М75		1,0—39		1,0—68		—
М700		10—56		3,3—150		27—47
М1300		18—130		15—270		—
Н70	160	680—2200	300	680—6800	—	—

Примечания: 1. Указанные в таблице значения $U_{ном}$ допустимы для конденсаторов при $t_{окр} \leqslant 85$ °С.

2. Конденсаторы КД-1, КД-2 группы Н70 изготовляют с отклонением от номинальной емкости не более $^{+80}_{-20}$%; конденсаторы КД-1 остальных групп — не более ± 5; ± 10; ± 20%; конденсаторы КД-2 этих же групп — не более ± 2%; конденсаторы КДУ — только ± 10 и ± 20%.

Таблица 12-15

Параметры дисковых опорных керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	$C_{ном}$, пФ	
	КДО-1 (∅ 10,4 мм)	КДО-2 (∅ 12,7 мм)
П100	3,3; 4,7	6,8
М47	10; 15	22
М750	33	47
М1500	68	100
Н70	1500	2200

Примечания: 1. Допускаемое отклонение от номинальной емкости для конденсаторов группы Н70 не более $^{+80}_{-20}$%, для конденсаторов остальных групп ± 20%.

2. Для конденсаторов группы Н70 $U_{ном} = 400$ В, для остальных групп — 500 В; $t_{окр.макс} = 85$ °С.

3. Резьба М4.

Клиновидные. Электроды нанесены на поверхность клиновидной керамической пластинки (конденсатор К10У-2). Проволочных выводов и защит-

ного покрытия нет. Конденсаторы предназначаются для монтажа на печатных платах; их вставляют в прорези плат, плоские проводники которых непосредственно спаивают с электродами конденсаторов.

Таблица 12-16

Параметры керамических пластинчатых квадратных конденсаторов К10-7В

Группа ТКЕ	Площадь пластинки, мм, не более	$C_{ном}$, пФ	Площадь пластинки, мм, не более	$C_{ном}$, пФ
П33	5×5 7×7 9×9	15—20 22—43 47—82	11×11 13×13	91—120 130—180
М47; М75	5×5 7×7 9×9	22—36 39—75 82—130	11×11 13×13	150—200 220—270
М750	5×5 7×7 9×9	47—56 62—130 150—240	11×11 13×13	270—430 470—680
М1500	5×5 7×7 9×9	68—100 110—220 240—390	11×11 13×13	430—680 750—1000
Н30	10×10	680—3300	10×10	4700, 6800 пФ, 0,01 мкФ
Н70	10×10	1500—6800 пФ, 0,01 мкФ	10×10	0,015 и 0,022 мкФ
Н90	10×10	330—6800 пФ, 0,01 мкФ	10×10	0,015—0,047 мкФ

Примечания: 1. Номинальное напряжение конденсаторов $U_{ном} = 50$ В.

2. Конденсаторы групп П33, М47, М75, М750, М1500 выпускают с допускаемым отклонением ± 5; ± 10 и ± 20%, конденсаторы группы Н30 — $^{+50}_{-20}$% и Н70, Н90 — $^{+80}_{-20}$%. На конденсаторах групп Н30, Н70 и Н90 допускаемое отклонение емкости не маркируется.

Трубчатые. Основой конденсаторов является керамическая трубка (рис. 12-17, табл. 12-17). Электроды нанесены на ее внешнюю и внутреннюю поверхности. Контактные выводы проволочные (у конденсаторов КТ-1, КТ-2а, КТ-2б) или ленточные (у КТ-2в, КТ-3в). Конденсатор покрыт эмалью.

При монтаже трубчатых конденсаторов к шасси прибора подключают его внешний электрод. Если конструкция конденсатора не позволяет отличить по внешнему виду указанный электрод, около него имеется метка.

Трубчатые опорные. Один конец керамической трубки с нанесенными на нее электродами впаян в металлическую втулку с внешней резьбой. С помощью втулки и гайки конденсатор устанавливают в отверстие монтажной панели. Через втулку обеспечивается надежный контакт внешнего электрода с монтажной панелью. Выводом от внутреннего электрода является

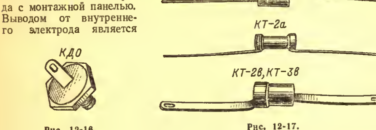


Рис. 12-16.

Рис. 12-17.

стержень диаметром 1,2 мм или контактный лепесток с отверстием для припайки внешнего проводника (рис. 12-18, *а*, табл. 12-18). Назначение трубчатого опорного конденсатора такое же, как и дискового опорного.

Таблица 12-17

Параметры трубчатых керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	КТ-1 (⌀ 3 мм)		КТ-2 (⌀ 7 мм)		КТ-3 (⌀ 10 мм)	
	$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, пФ	$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, пФ	$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, пФ
П100 П33 М47 М75 М700 М1500	250	1,0—30 1,0—62 1,0—75 1,0—130 2,2—270 15—560	500	2,2—100 2,2—180 2,2—240 2,2—360 2,2—910 15—2200	750	2,2—110 2,2—150 2,2—240 — 2,2—1000 —
Н70	160	680—10 000	300	680 пФ — 0,033 мкФ	—	—

Примечания: 1. Указанные значения $U_{ном}$ допустимы при $t_{окр} \leqslant 85$ °С.

2. Конденсаторы КТ-1 — КТ-3 изготовляют с допускаемым отклонением от номинальной емкости ± 5; ± 10 или ± 20%; конденсаторы КТ-2 и КТ-3, кроме того, выпускают с отклонением ± 2%.

Проходные керамические конденсаторы К10П-4, КТП-1, КТП-2, КТП-3 (рис. 12-18, *б*) представляют собой конструктивную разновидность трубчатых. Трубку охватывает металлическая втулка. Если втулка имеет резьбу, конденсатор крепится в отверстии шасси (экрана) с помощью гайки. Если резьбы нет, он укрепляется тугой посадкой втулки в отверстие шасси (экрана) и пайкой к нему. Через втулку осуществляется надежный электрический контакт внешнего электрода конденсатора с экраном.

По оси керамической трубки проходит насквозь припаянный к внутреннему электроду стержень. Концы последнего выступают из трубки.

Таблица 12-18

Параметры трубчатых опорных керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	$C_{ном}$, пФ	
	КО-1 (⌀ 7×12, М5)	КО-2 (⌀ 8×15, М6)
П100	6,8	10
М47	15	22
М75	33	47
М750	68	100
М1500	22—150	220; 330
Н70	1000—2200	3300; 4700

Примечание. Допускаемое отклонение от номинальной емкости для конденсаторов группы Н70 не более $^{+80}_{-20}$%, для конденсаторов остальных групп ± 20%. Для конденсаторов группы Н70 $U_{ном}$ = 400 В, для остальных 500 В; $t_{окр.макс}$ = 85 °С.

Таблица 12-19

Параметры монолитных керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	КМ-4		КМ-5		КМ-6	
	$U_{ном}$, В ($t_{окр.макс}$)	$C_{ном}$, пФ	$U_{ном}$, В ($t_{окр.макс}$)	$C_{ном}$, пФ	$U_{ном}$, В ($t_{окр.макс}$)	$C_{ном}$, пФ
П33	250 (125° С)	16—510	160 (125 °С)	16—680	25 (155° С)	120—2200
М47		27—510		27—680		120—2200
М75		47—1000		47—1300		180—2700
М750		68—1800		68—2700		470—8200
М1500		150—3600		150—5600		820—6800
						0,01—0,015 мкФ
Н30	160 (125 °С)	1500—6800; 0,01—0,047 мкФ	100 (125 °С)	1500—6800; 0,01—0,068 мкФ	—	—
Н30	250 (125 °С)	КМ-3: 680 пФ—0,022 мкФ	—	—	25 (155 °С)	0,01—0,15 мкФ
			50 (85 °С)	0,015—0,15 мкФ	25 (85 °С)	0,022—1,0 мкФ

Примечание. Конденсаторы выпускаются с допускаемым отклонением от номинальной емкости ±5; ±10 и ±20%.

Через стержень подают питание на заключенные в экран ВЧ каскады, обеспечивая таким образом эффективную их защиту от помех, которые могут проникнуть по цепям питания.

Монолитные (рис. 12-19, табл. 12-19). Представляют собой призмы прямоугольного сечения, образованные тонкими слоями металла (электроды),

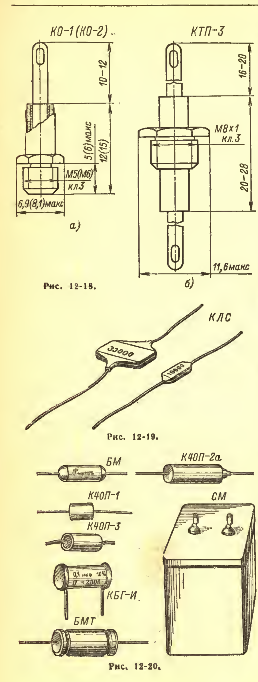


Рис. 12-18.

Рис. 12-19.

Рис. 12-20.

чередующимися со слоями керамики толщиной 0,12—0,25 мм (диэлектрик). Все слои спечены между собой при высокой температуре. Выводы проволочные; снаружи конденсатор покрыт эмалью.

Литые секционные (табл. 12-20). Корпус конденсатора — прямоугольная призма из керамики. Прорезы прямоугольного сечения шириной 0,1—0,2 мм разделяют призму на ряд пластин толщиной 0,14—0,5 мм. На поверхности пластин методом вжигания при высокой температуре нанесены слои серебра — электроды конденсатора. Серебряные слои в четных прорезях соединены между собой таким же слоем на одном из торцов корпуса, а слои в нечетных прорезях — на другом торце. Выводы изготовлены из медной посеребренной проволоки.

Конденсаторы с бумажным диэлектриком

Конденсаторы БМ (рис. 12-20, табл. 12-21, 12-22). Цилиндрическая секция заключена в металлическую трубку диаметром 5—7,5 и длиной 17—24 мм (в зависимости от номинального напряжения и емкости конденсатора). Проволочные выводы от электродов выходят наружу через торцы трубок, залитых эпоксидным компаундом.

Конденсаторы БМ-1 в цепях с напряжениями менее 10 В применять не рекомендуется. Максимальная окружающая температура $t_{\text{окр. макс}} = 70°$ С.

Конденсаторы БМТ — малогабаритные теплостойкие ($t_{\text{окр. макс}} = 100°$ С). Цилиндрическая секция заключена в металлическую трубку диаметром 6—16 и длиной 24—45 мм. Проволочные выводы выходят через резиновые торцевые изоляторы.

Конденсаторы К40П-1. Цилиндрическая секция опрессована пластмассой. Проволоч-

Таблица 12-27

Параметры и маркировка литых секционных керамических конденсаторов

Группа ТКЕ	Тип конденсатора (маркировочный знак)	$U_{ном}$, В ($t_{окр.макс}$)	$C_{ном}$, пФ	Тип конденсатора (маркировочный знак)	$U_{ном}$, В ($t_{окр.макс}$)	$C_{ном}$, пФ	Тип конденсатора (маркировочный знак)	$U_{ном}$, В ($t_{окр.макс}$)	$C_{ном}$, пФ
М47	КЛГ-1 (зеленая точка)	—	—	КЛГ-2 (фиолетовая точка)	160 (155° С)	18—330	КЛГ-3 (желтая точка)	250 (155 °С)	18—270
М75 М700		— —	— —		160 (125 °С)	20—330 51—1000		250 (125 °С)	20—270 51—680
М1300		—	—			390—2000			160—1000
Н30		—	—		160 (85 °С)	2200—0,01 мкФ		250 (100 °С)	1000—4700
Н70		70 (85 °С)	0,01—0,033 мкФ		160 (85 °С)	4700—0,022 мкФ		—	—
М47, М75 М750, М1500	КЛС-1 (бежевая полоска)	70 (85 °С)	30—300 330—3000	КЛС-2 (коричневая полоска)	125 (85 °С)	18—160 91—130	КЛС-3 (черная полоска)	200 (85 °С)	82—91 18—820
Н30		50 (85 °С)	1500—0,01 мкФ		100 (85 °С)	100—6800		160 (85° С)	680—3300
Н50		70 (85 °С)	1500—0,01 мкФ		125 (85 °С)	680—3300		—	—
Н70		35 (85 °С)	4700—0,033 мкФ		—	—		—	—
Н90			4700—0,1 мкФ		—	—		—	—

ные выводы выходят из торцов корпуса, имеющего диаметр 7—13 и длину 25—45 мм; $t_{\text{окр.макс}} = 70°$ С.

Конденсаторы К40П-2 — герметичные, в металлическом трубчатом корпусе. В конденсаторах К40П-2а с корпусом соединен один из электродов, а в конденсаторах К40П-2б от корпуса изолированы оба электрода. Изолированные проволочные выводы выходят из корпусов через стеклянные изоляторы. Диаметры корпусов конденсаторов К40П составляют 26 или 11, длина 24—29 мм; $t_{\text{окр.макс}} = 85°$ С.

Конденсаторы СМ используют в феррорезонансных стабилизаторах напряжения. Секции заключены в металлический корпус размером 95 × 80 × × 115 мм. Контактные лепестки расположены на стеклянных выводных изоляторах. Номинальное эффективное переменное напряжение 650 В при частоте 50 Гц. Номинальная емкость $C_{\text{ном}} = 5$ или 3,5 мкФ; отклонение от номинальной емкости ± 10 или ± 20%; $t_{\text{окр.макс}} = 60°$ С.

Таблица 12-21

Параметры бумажных конденсаторов в цилиндрических корпусах

$U_{\text{ном}}$, В	$C_{\text{ном}}$		
	БМ	К40П-1	К40П-2
150	0,033; 0,047 мкФ	—	—
200	3300—6800 пФ	—	—
200	0,01—0,022 мкФ	—	—
300	470—2200 пФ	—	—
	БМТ		
400	4700—6800 пФ	3900—6800 пФ	1000—6800 пФ
400	0,01—0,22 мкФ	0,01—0,18 мкФ	0,01—0,047 мкФ
600	1000—6800 пФ	470—6800 пФ	—
600	0,01—0,22 мкФ	0,01—0,18 мкФ	—

Примечания: 1. В таблице указаны значения постоянного напряжения $U_{\text{исп}} = 2U_{\text{ном}}$

2. Отклонение от номинальной емкости конденсаторов БМ не более ±10 и ±20%, для конденсаторов остальных типов не более ±5; ±10 и ±20%.

Таблица 12-22

Предельно допустимые переменные напряжения для конденсаторов с бумажным диэлектриком

Номинальное напряжение постоянного тока, В	Действующие значения напряжения переменного тока, В				
	При частоте 50 Гц		При частоте 500 Гц		
	Для БМ и БМТ 0,068—0,25 мкФ; К40П-1	Для БМТ до 0,05 мкФ; К40П-2	Для БМ и БМТ 0,068—0,25 мкФ; К40П-1	Для БМТ до 0,05 мкФ	Для К40П-2
150	100	—	60	—	—
200	150	160	75	—	100
300	230	—	120	—	—
400	200	250	100	150	125
600	250	300	125	175	150

Металлобумажные конденсаторы

Металлобумажные конденсаторы имеют значительно меньшие объемы, чем бумажные такие же номинальных емкостей и напряжений (рис. 12-21).

Особенность металлобумажных конденсаторов заключается в том, что они самовосстанавливаются при возникновении электрического пробоя диэлектрика; через место пробоя возникает разрядный ток, мгновенно расплавляющий металлизацию вокруг этого места. В результате на бумаге вокруг места пробоя не остается металлического слоя; оно оказывается изолированным от электродов, и разряд прекращается.

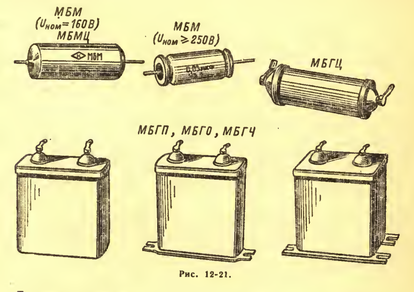


Рис. 12-21.

Для металлобумажных конденсаторов $t_{окр.\ макс} = 70°$ С (для МБГО — до 60° С).

Применяют металлобумажные конденсаторы в фильтрах выпрямителей с выходным напряжением более 400 В (например, в выпрямителях передатчиков), а также при частотах пульсации выпрямленного напряжения в несколько килогерц.

Конденсаторы МБМ и МБМП выпускаются с $U_{ном} = 160$, 200 и 400 В (табл. 12-23). Секции заключены в цилиндрические металлические трубки диаметром 6—18 и длиной 22—60 мм. Торцы трубок залиты эпоксидным компаундом, через который выходят наружу проволочные выводы от электродов. У конденсаторов МБМ с большими номинальными напряжениями проволочные выводы выходят через торцевые резиновые изоляторы; диаметры корпусов этих конденсаторов 9—20 и длина 25—51 мм.

Конденсаторы МБМ и МБМЦ можно включать в цепи переменного тока с напряжениями, не превышающими следующих, действующих значений при частотах до 1 кГц:

Номинальное постоянное напряжение, В	200	250	400—750	1000; 1500
Предельное переменное напряжение, В	50	60	100	150

Таблица 12-23

Параметры металлобумажных конденсаторов

$U_{ном}$, В	$C_{ном}$, мкФ				
	МБМ, МБМЦ	МБГЦ	МБГП	МБГО	МБГЧ
160	—	—	1—30	2—30	—
200	0,25—1,0	0,25—1,0	0,5—25	—	—
250	0,05—1,0	—	1—10	—	0,5—10
300	—	—	—	1—30	—
380	—	—	—	—	1,0
400	0,05—1,0	0,1—0,5	0,25—10	1—20	—
500	0,025—0,5	—	—	0,5—20	0,5—4
600	—	0,025—0,25	0,1—10	0,25—10	—
750	0,01—0,25	—	—	—	0,25—2,0
1000	0,01—0,1	—	0,5—10	—	0,25—1,0
1500	0,0051—0,1	—	0,25—10	—	—

Примечания: 1. Для конденсаторов МБГЧ $U_{ном}$ — это действующее значение переменного напряжения частотой 50 Гц и для конденсаторов остальных типов — значение постоянного напряжения. Для конденсаторов МБГО $U_{исп} = U_{ном}$, для МБГЧ $U_{исп} = 1,4\ U_{ном}$ и для конденсаторов остальных типов $U_{исп} = 1,5\ U_{ном}$.

2. Отклонение емкости конденсаторов от номинальной не более ±10 или ±20% (конденсаторы МБГЦ и МБГП, кроме того, изготовляют с допуском не более ±5%).

3. Конденсаторы МБМ выпускают с $U_{ном}$ = 250, 500, 750, 1000 и 1500 В, в МБМЦ— с $U_{ном}$ = 200 и 400 В.

Конденсаторы МБГЦ имеют металлический корпус диаметром 11—19 и длиной 37—51 мм. Одна из обкладок конденсатора МБГЦ-1 соединена с корпусом, а вывод другой обкладки изолирован от него; у конденсатора МБГЦ-2 обе обкладки изолированы от корпуса. Изолированные выводы выходят из корпуса через стеклянные изоляторы, впаянные в его торцы. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения в схему пайкой.

Конденсаторы МБГП — герметичные в прямоугольном корпусе и МБГО — герметичные с однослойным диэлектриком имеют по одной или по нескольку соединенных параллельно секций, заключенных в металлические корпуса прямоугольного сечения. Выводы обкладок проходят через стеклянные изоляторы на верхней крышке корпуса. На изоляторах имеются контактные лепестки для включения конденсаторов в схему пайкой.

Размеры корпусов конденсаторов МБГП: длина 31—72, ширина 11—110 и высота 25—118 мм. Размеры корпусов конденсаторов МБГО следующие: длина 31 или 46, ширина 11—77 и высота 25 или 50 мм.

Конденсаторы МБГЧ рассчитаны для применения в цепях переменного тока. Конструктивно они подобны конденсаторам МБГП. Секции соединены последовательно. Размеры корпусов: длина 31, 46 или 72, ширина 11—62 и высота 26—118 мм.

При $f > 50$ Гц допускаемые напряжения снижаются по сравнению с указанными в табл. 12-23 до следующих значений: при 100 Гц — до 0,75 $U_{ном}$, при 500 Гц — до 0,5 $U_{ном}$, при 1 кГц — до 0,2 $U_{ном}$ и при 2 кГц — до 0,1 $U_{ном}$.

Пленочные конденсаторы

Электродами пленочного конденсатора являются ленты из алюминиевой фольги, а диэлектриком — находящиеся между ними ленты из полистирольной пленки (стирофлекс), полиэтилентерефталата (лавсан) или фторопласта-4. Ленты свернуты вместе в рулон, образуя конденсаторную секцию.

Конденсаторы ПО и ПМ-1 — полистирольные бескорпусные, цилиндрической формы; проволочные выводы выходят из торцов.

Параметры конденсаторов ПО: $U_{ном} = 300$ В, 0,015—0,033 мкФ и $U_{ном} = 500$ В, $C_{ном} = 15$ пФ $\div$ 0,012 мкФ. Диаметр 12—24, длина 27—49 мм; $t_{окр.макс} = 50°$ С.

Параметры конденсаторов ПМ-1: $U_{ном} = 70$ В, $C_{ном} = 100 \div 1000$ пФ. Диаметр 3—10, длина 8—18 мм; $t_{окр.макс} = 70°$ С.

Параметры конденсаторов ПМ-1: $U_{ном} = 70$ В, $C_{ном} = 100 \div 1000$ пФ. Диаметр 3—10, длина 8—18 мм; $t_{окр.макс} = 70°$ С.

Высоковольтные конденсаторы ПОВ и К70-3 — полистирольные бескорпусные с проволочными выводами. Используются в качестве конденсаторов фильтров анодного напряжения кинескопов (в телевизорах); $t_{окр.макс} = 55°$ С.

Конденсаторы ПОВ (рис. 12-22) изготовляют со следующими параметрами: $U_{ном} = 20$ кВ, $C_{ном} = 120$ пФ; $U_{ном} = 10$ и 16 кВ, $C_{ном} = 390$ пФ; 11—21, длина 34—40 мм.

Рис. 12-22.

Конденсаторы К70-3 изготовляют со следующими параметрами: $U_{ном} = 16$ кВ, $C_{ном} = 150$ пФ ($\varnothing$ 15 × 23 мм) и 390 пФ ($\varnothing$ 10 × 78 мм).

Конденсаторы ПМ-2 и МПО — полистирольные, в металлических корпусах в виде цилиндрической трубки. Из ее торцов, залитых эпоксидным компаундом, выходят проволочные выводы.

Конденсаторы ПМ-2 изготовляют со следующими параметрами: $U_{ном} = 70$ В, $C_{ном} = 100 \div 1000$ пФ; диаметр корпуса 4—12, длина 14—24 мм; $t_{окр.макс} = 60°$ С.

Конденсаторы МПО изготовляют с параметрами $U_{ном} = 200$ В при $C_{ном} = 0,25$ и 0,5 мкФ; $U_{ном} = 400$ В при $C_{ном} = 3000$ пФ $\div$ 0,25 мкФ; $U_{ном} = 600$ В при $C_{ном} = 1000$ пФ $\div$ 0,1 мкФ; $t_{окр.макс}$ 60° С.

Конденсаторы К74-5 с диэлектриком из полиэтилентерефталата выполнены в прямоугольных алюминиевых корпусах. Параметры конденсаторов: $U_{ном} = 50$ В, $C_{ном} = 1000$ пФ $\div$ 0,22 мкФ; длина корпуса 5—16, ширина 2,5—10 и высота 13 мм. Выводы проволочные, параллельные

Металлопленочные конденсаторы

Электродами металлопленочного конденсатора являются тонкие слои металла, нанесенные с двух сторон на поверхность полиэтилентерефталатной пленки.

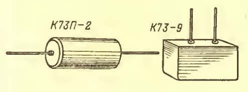


Рис. 12-23.

Работоспособность металлопленочного конденсатора восстанавливается после электрического пробоя пленки так же, как и в металлобумажном конденсаторе.

Конденсаторы К73П-2 выпускают в цилиндрических и прямоугольных корпусах, аналогичных корпусам конденсаторов МБГП (рис. 12-23).

Параметры конденсаторов К73П-2 в цилиндрических корпусах: $U_{ном} = 400$ В, $C_{ном} = 2200$ пФ $\div$ 0,68 мкФ; $U_{ном} = 630$ В, $C_{ном} = 1000$ пФ $\div$ 0,47 мкФ; $U_{ном} = 1$ кВ, $C_{ном} = 4700$ пФ $\div$ 0,33 мкФ; диаметр корпуса 6—24 и длина 20—52 мм.

Параметры конденсаторов К73П-2 в прямоугольных корпусах: $U_{ном} = 400$ В, $C_{ном} = 0,5 \div 15$ мкФ; $U_{ном} = 630$ В, $C_{ном} = 0,25$—10 мкФ; $U_{ном} = 1$ кВ,

$C_{ном} = 0,5 \div 10$ мкФ; длина корпуса 31, 46 или 86 мм, ширииа 16—81, высота 25—140 мм; $t_{окр.макс} = 125°$ С.

Конденсаторы К73П-4 имеют прямоугольные корпуса, аналогичные корпусам коидеисаторов МБГП. Параметры коидеисаторов: $U_{ном} = 250$ В и $C_{ном} = 0,5 \div 15$ мкФ; длииа корпуса 31 или 46 мм, ширина от 16 до 86 мм и высота 25 илн 50 мм; $t_{окр.макс} = 70°$ С.

Коидеисаторы К73-9 (см. рис. 12-23) предиазначаются для моитажа на печатиых платах. Параметры коидеисаторов: $U_{ном} = 100$ В, $C_{ном} = 100$ пФ $\div$ 0,22 мкФ.

Электролитические коидеисаторы

Электролитические коидеисаторы разделяются иа полярные, работающие только в цепях с постоянным или пульсирующим иапряжением, и неполярные, предназначаемые для работы в цепях переменного тока.

Выпускаются электролитнческие конденсаторы иа номннальные иапряжения постояиного тока 3—450 В с иоминальиыми емкостями 1—4000 мкФ. Прн температуре 15—25° С возможно отклонение от иомииального значения емкости от +80 до —20%.

Прениущество электролитических коидеисаторов перед коидеисаторами с другими днэлектриками — большие удельные емкости, иедостатки — зиачнтельное уменьшение емкости при поиижеииых температурах и существеииое увеличеиие тока утечки через днэлектрик при повышениых температурах.

Применяют электролитические конденсаторы чаще всего в фильтрах выпрямителей с выходиым напряжением до 400 В. При этом конденсаторы следует включать так, чтобы изолироваииый вывод имел положительиый потенциал по отношению к его корпусу.

Минимальная температура, при которой сухой электролнтический коидеисатор считают работоспособным, это температура, при которой его емкость сиижается не более чем в 2 раза по сравнеиию с емкостью, измеренной при температуре 25° С. Эта температура имеет следующие зиачения: для конденсаторов К50-6 и К50-7 — минус 10 °С; для конденсаторов К50-3 и К50-3Б — минус 40 °С; для коидеисаторов К50-3А — мииус 60 °С.

Максимальная рабочая температура окружающей среды равиа 70 °С для конденсаторов К50-3, К50-3А, К50-6 и К50-7 при работе под напряжеиием не более номинального; 85 °С — для коидеисаторов К50-3А при иапряженин ие более иоминального, для коидеисаторов К50-6 при напряжеиии не более половииы номинального и для конденсаторов К50-7 при иапряженни не более $^2/_3$ номннального значеиия. С повышением температуры емкость и ток утечки увеличиваются.

Особенности эксплуатации. Электролитический поляриый коидеисатор работоспособен прн условии, что его положнтельный электрод нмеет постоянный положительный потенцнал по отношению к отрицательному. Включение коидеисатора с обратной полярностью ведет к его пробою (исключенне составляют неполярные конденсаторы).

Прн пребыванни коидеисатора без иапряжения пропнтывающая бумагу жидкость растворяет слой окнси на алюминии, снижая его диэлектрические свойства. Поэтому в момент подачи напряжения иа коидеисатор его ток утечки очень велик. Под действнем иапряжения слой окнси «формуется», ток утечки уменьшается и через несколько минут стабилизнруется.

Со временем диэлектрические свойства окисн ухудшаются вследствне частичиого испареиия пропитывающей жндкости, что ведет к необратимому умеиьшению емкостн конденсатора. При повышениой температуре этот процесс ускоряется. Через 5000—10 000 ч работы можно ожидать снижеиия емкости отдельиых кондеисаторов прнмерио на 30%.

Конденсаторы К50-6 выполнены в корпусе в виде алюминиевого тонкостенного стакана с крышкой из изоляциоииого материала (рис. 12-24 и 12-25). Кондеисаторы имеют изолированные лепестковые или проволочные выводы от

обоих электродов. Крепление конденсаторов на монтажных панелях осуществляется скобами или хомутами.

Конденсаторы К50-7. Корпус — алюминиевый стакан. Его пластмассовая крышка составляет одно целое со втулкой с резьбой. С помощью гайки, навинчиваемой на пластмассовую втулку, конденсатор крепят в отверстии монтажной панели (гайка штампована из листовой стали). Положительный электрод выведен к контактному лепестку на крышке, отрицательный соединен с корпусом. Особенности конденсаторов К50-7: а) допустимо кратковременно повышать напря-

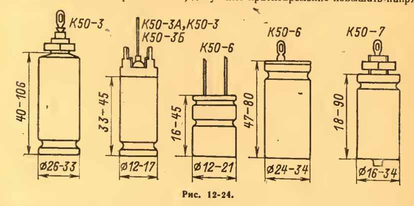


Рис. 12-24.

жение до значения 1,15 $U_{ном}$; б) в дне корпуса имеется предохранительный клапан, обеспечивающий выход газов из конденсатора в случае недопустимого повышения их давления.

Конденсаторы К50-3, К50-3А и К50-3Б выпускают в трех конструктивных вариантах: а) с резьбой для крепления в отверстии монтажной панели, вывод положительного электрода — лепесток; б) с отгибающимися лапками для крепления при печатном монтаже, вывод положительного электрода проволочный, $U_{ном} \leqslant 160$ В; в) малогабаритные для навесного монтажа, выводы электродов проволочные, $U_{ном} \leqslant 100$ В. Положительный электрод изолирован от корпуса, отрицательный соединен с корпусом.

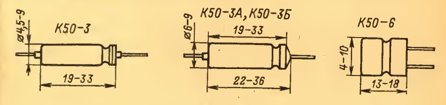


Рис. 12-25.

Конденсаторы ЭТО-1 и ЭТО-2 — электролитические танталовые, с объемно-пористыми анодами. Корпус *1* (рис. 12-26) грибовидный, наполнен жидким кислотным электролитом *2*. Положительный электрод *3* — цилиндр, спрессованный из зерен тантала и подвергнутый обжигу, во время которого зерна спекаются между собой. Диэлектрик — тонкая пленка окиси тантала на поверхностях зерен. Вывод от положительного электрода — контактный лепесток *4*, изолированный от корпуса прокладкой из резины *5* и диском из стеклотекстолита *6*. Отрицательным электродом конденсатора является наполняющий его электролит, а его выводом корпус конденсатора.

Конденсаторы ЭТО-1 выпускают со следующими номинальными напряжениями и емкостями: 6 В, 80 мкФ; 15 В, 50 мкФ; 25 В, 30 мкФ; 50 В, 20 мкФ; 70 В, 15 мкФ; 90 В, 10 мкФ. Диаметр корпуса 14, высота 10 мм.

Конденсаторы ЭТО-2 имеют номинальные напряжения и емкости: 6 В, 1000 мкФ; 15 В, 400 мкФ; 25 В, 300 мкФ; 50 В, 200 мкФ; 70 В, 150 мкФ; 90 В, 100 мкФ. Диаметр корпуса 24, высота 14 мм.

12-6. ПОДСТРОЕЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

Для подгонки параметров колебательных контуров под нужную частоту (диапазон частот) применяют преимущественно керамические подстроечные конденсаторы.

Подстроечный конденсатор (рис. 12-27) состоит из керамического основания (статора) и подвижного керамического диска (ротора). Последний прикреплен к основанию на оси и может вращаться с помощью отвертки или специального ключа. Одна из плоскостей ротора прилегает к поверхности статора; обе эти поверхности пришлифованы. На шлифованную поверхность статора нанесен серебряный электрод. Другой электрод нанесен на внешнюю поверхность ротора.

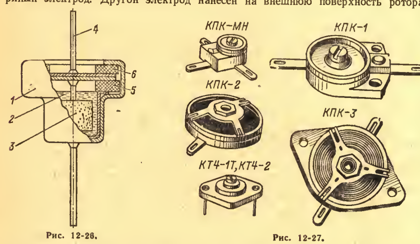


Рис. 12-26. Рис. 12-27.

Электроды имеют форму секторов. Диэлектриком служит материал ротора. Вращая ротор, изменяют взаимное положение электродов и, следовательно, емкость между ними.

Конденсаторы КПК-МН (для навесного монтажа) и КПК-МП (для печатного монтажа) имеют одинаковую конструкцию и отличаются только формой лепестковых выводов. Диаметр роторов 11 мм. Выпускаются эти конденсаторы с пределами изменения емкости: 4—15, 5—20, 6—25 и 8—30 пФ.

Конденсаторы КТ4-1Т и КТ4-2 имеют проволочные выводы и рассчитанные для пайки на платах с печатным монтажом. Диаметры роторов 9 мм. Пределы изменения емкости: 3—20 или 4—15 пФ.

Конденсаторы КПК-1 имеют лепестковые выводы; диаметр роторов 18 мм. Пределы изменения емкости: 2—7, 4—15, 6—25 и 8—30 пФ.

Конденсаторы КПК-2 и КПК-3. Диаметр роторов 33 мм. Емкости изменяются в пределах 6—60, 10—100 и 25—150 пФ.

При монтаже подстроечных конденсаторов их роторы должны соединяться с корпусом РЭА. С течением времени емкости этих конденсаторов несколько изме-

няются, главным образом вследствие микроскопических изменений воздушных зазоров между статором и ротором. Чтобы эти изменения были меньше, после окончания монтажа и регулировки аппаратуры торцы подстроечных конденсаторов нужно покрыть лаком.

12-7. МАГНИТНЫЕ СЕРДЕЧНИКИ, МАГНИТОПРОВОДЫ, ДРОССЕЛИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ

Терминология и основные параметры магнитных материалов

Магнитомягкий материал — магнетик с коэрцитивной силой не более 0,8 А/м.

Магнитотвердый материал — магнетик с коэрцитивной силой более 4 кА/м.

Коэрцитивная сила — напряженность магнитного поля, обратного по направлению намагничивающему полю, необходимая для того, чтобы довести до нулевого значения остаточную намагниченность материала, предварительно намагниченного до насыщения.

Магнитная проницаемость материала μ — отношение напряженности магнитного поля, создаваемого электрическим током, протекающим по виткам обмотки, расположенной на кольцевом сердечнике из данного материала без немагнитных зазоров, к напряженности магнитного поля, создаваемого током такой же силы в отсутствие сердечника.

Начальная магнитная проницаемость $\mu_{нач}$ — магнитная проницаемость, которую материал имеет в слабом магнитном поле (напряженность не более 0,08 А/м, т. е. 0,001 Э). Практически такие условия имеют место, например, в ВЧ контурах приемной аппаратуры.

Эффективная магнитная проницаемость сердечника (магнитная проницаемость формы) $\mu_{эфф}$ — отношение индуктивности катушки с данным сердечником при слабом магнитном поле к ее индуктивности в отсутствие сердечника. Для кольцевого сердечника при малой напряженности магнитного поля $\mu_{эфф} \approx \mu_{нач}$; для сердечников других видов $\mu_{эфф} < \mu_{нач}$ и зависит от формы сердечника и размещения на нем катушки. В случае стержневого сердечника $\mu_{эфф}$ зависит от положения его по отношению к катушке; в случае броневого сердечника с подстроечником изменяется при изменении положения подстроечника.

В справочниках приводят значения $\mu_{эфф}$, измеренные при определенных (образцовых) катушках.

Критическая частота $f_{кр}$ — частота, при которой значение тангенса угла потерь материала достигает 0,1 (или 0,02), что соответствует снижению добротности сердечника до значения 10 (или 50). Потери в магнитном материале увеличиваются с повышением частоты. Определяют тангенс угла потерь (добротность), измеряя на различных частотах реактивное сопротивление и сопротивление потерь образцовой катушки с кольцевым сердечником. Поскольку на ВЧ потери на сопротивлении обмотки значительно меньше потерь в магнитном материале, считают, что полученная при измерении величина потерь полностью относится к сердечнику.

Максимальная магнитная индукция B_m. Магнитной индукцией называют плотность магнитного потока в данной точке магнитного поля (единица измерения тесла или гаусс, причем 1 Гс = 10^{-4} Т). Считая, что магнитный поток Φ [Вб] равномерно распределен по сечению магнитопровода (сердечника) S [м²], магнитная индукция в теслах составит: $B = \Phi/S$. (При изменении магнитного потока на 1 Вб в течение 1 с в электрической цепи индуцируется э. д. с. величиной 1 В.)

При расчетах магнитопроводов, работающих в режиме сильных магнитных полей, задаются максимальным значением магнитной индукции B_m, допустимым для применяемого магнитного материала; при большем значении магнитной индукции наступает насыщение материала — его магнитная проницаемость начинает уменьшаться.

Ферритовые сердечники

Ферритами называют ферромагнетики на основе двойных окислов железа и одновалентных или двухвалентных металлов: никеля, цинка, марганца, лития, бария и др. Ферриты имеют кристаллическую структуру и относятся к числу полупроводников с электронной электропроводностью.

По своим свойствам, которые определяют области применения ферритов, они делятся на магнитомягкие, с прямоугольной петлей гистерезиса, магнитострикционные и магнитотвердые (ферриты бария) — ферроксдюры.

Сердечники из ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса применяют в элементах памяти логических схем, магнитострикционные — в генераторах звуковых и ультразвуковых колебаний и в электромеханических фильтрах, а магнитотвердые — для изготовления постоянных магнитов громкоговорителей и других приборов.

Радиолюбители-конструкторы в своей практической деятельности имеют дело почти исключительно с сердечниками из магнитомягких ферритов, применяя их в ВЧ катушках, дросселях и трансформаторах, в магнитных антеннах, в трансформаторах строчной развертки и отклоняющих системах телевизоров, в трансформаторах преобразователей постоянного напряжения.

Обозначение марки феррита состоит из букв и одного-двух чисел. В обозначении марки магнитомягкого феррита, предназначенного для применения на частотах выше 5 МГц, имеются буквы ВЧ (высокочастотный), а в предназначенных для работы на более низких частотах — буква Н (низкочастотный). Вторая буква Н или М означает никель-цинковый или марганец-цинковый феррит соответственно. Дополнительно в обозначении марки может быть буква С — феррит для работы в сильных магнитных полях (где магнитная индукция более 0,05—0,1 Т, например, в выходных трансформаторах строчной развертки телевизоров) или буква И — специальный феррит для работы в импульсных магнитных полях. Отсутствие третьей, дополнительной буквы указывает на то, что феррит предназначен для работы в слабых синусоидальных полях, например в катушках индуктивности резонансных контуров радиоприемников.

Число впереди букв указывает среднее значение начальной магнитной проницаемости феррита. После букв может стоять (не обязательно) число или буква для обозначения феррита по некоторым свойствам.

Условное обозначение сердечника из магнитомягкого феррита слагается из следующих элементов: 1) буквы М, означающей изделие из феррита; 2) марки материала, из которого оно изготовлено; 3) сокращенного обозначения конструктивного вида сердечника. Последнее состоит из следующих букв и цифр:

Б — броневой (из двух чашек и подстроечника); число после буквы указывает округленно внешний диаметр чашки.

Г — Г-образный (для телевизионной аппаратуры); числа после буквы указывают последовательно длину, ширину и толщину изделия.

Д — двухотверстный; числа после буквы указывают длину, ширину и толщину изделия.

К — кольцевой; числа последовательно указывают внешний диаметр, внутренний диаметр и высоту кольца.

ОС — кольцевой, типа «колокольчик» (для отклоняющих систем кинескопов); число после букв является условным обозначением типоразмера сердечника.

ПК — П-образный с «ножками» круглого сечения; первое число обозначает ширину окна, второе — диаметр ножек. Из двух сердечников типа ПК собирают замкнутый магнитопровод трансформатора строчной развертки телевизора.

ПП — то же с ножками прямоугольного сечения; первое число указывает ширину окна, второе — ширину ножки, третье — высоту сердечника (исключение: первое число «53» в обозначении сердечника для ТВС кинескопа с отклонением луча 70° указывает ширину сердечника).

Таблица 12-24

Броневые ферритовые сердечники

Тип сердечника	Номинальные размеры, мм, по рис. 12-29						Тип подстроечника
	d_1	d_2	d_3	d_4	h_1	h_2	
Б6	6,6	5,0	2,8	1,0	2,7	1,8	ПС 0,5×5,0
Б9	9,3	7,5	3,9	2,0	2,7	1,8	ПС 0,5×5,0; ПС 0,8×5,0
Б11	11,3	9,0	4,7	2,0	3,3	2,2	ПС 0,8×5,0; ПС 1×6
Б14	14,4	11,6	6,0	3,0	4,2	2,8	ПС 1,8×8; ПС 2,2×8; ПТ 2,2×0,8×8; ПР 2,2×0,45×8
Б18	18,4	14,9	7,6	3,0	5,3	3,6	ПС 1,8×10; ПС 2,2×10; ПТ 2,2×0,8×10; ПР 2,2×0,45×10
Б22	22,0	17,9	9,4	4,4	6,8	4,6	ПС 3,2×11; ПС 3,5×13; ПТ 3,5×1,2×13; ПР 3,5×0,6×12; ПР 4×0,5×12
Б26	26,0	21,2	11,5	5,4	8,1	5,5	ПС 3,9×15; ПС 4,5×15; ПТ 4,5×1,5×16; ПР 5×0,5×15
Б30	30,5	25,0	13,5	5,4	9,5	6,5	ПС 4,2×17; ПС 4,5×17; ПТ 4,5×1,5×18; ПР 4,5×0,5×18; ПР 5×0,5×21

Таблица 12-25

Ферритовые Ш-образные сердечники без зазора

Типоразмер	Размеры, мм, по рис. 12-30				$l_м$, см	Эффективная магнитная проницаемость $\mu_{эфф}$ сердечников из ферритов марки			
	A	H	c	h		600НН	700НМ	2000НМ	4000НМ
Ш2,5×2,5	10	10	2,0	6,4	2,2	525	595	1025	1380
Ш3×3	12	12	2,5	8,0	2,6	545	630	1130	1575
Ш4×4	16	16	3,2	10,4	3,5	555	640	1260	1840
Ш5×5	20	20	4,0	13	4,3	565	645	1345	2020
Ш6×6	24	24	5,0	16	5,3	575	660	1445	2260
Ш7×7	30	30	6,0	19	6,3	580	—	1520	2440
Ш8×8	32	32	7,5	23	7,5	585	—	1575	2600
Ш12×15	42	42	9,0	30	9,7	590	—	1655	—
Ш20×28	65	65	12	44	14,4	590	—	1755	—

* Первое число в обозначении типоразмера сердечника указывает ширину среднего стержня a, второе — толщину сердечника b в миллиметрах.

мость $\mu_{эфф}$ сердечников из ферритов различных марок. Сердечники предназначены для работы в диапазоне частот от 1 до 100 кГц и применяются в трансформаторах статических преобразователей постоянного напряжения, строчной развертки телевизоров и др.

Таблица 12-26

П-образные ферритовые сердечники

Типоразмер	Размеры, мм, по рис. 12-31					Типоразмер	Размеры, мм, по рис. 12-31				
	B, D	A	H	l	h		B, D	A	H	l	h
П110	15	54	66	30	40	ПК 38×14	14	64	60	38	38
П110П	15	54	58	30	32	ПК 40×16	16	70	64	40	40
П110А	16	67	66	41	40	ПК 40×18	18	76	72	40	40
ПК 26×13	13	50	40	26	22	ПК 48×20	20	86	96	48	56
ПК 30×16	16	60	68	30	40	ПП 53×15×15	15	53	66	23	38

П-образные ферритовые сердечники для выходных трансформаторов строчной развертки телевизоров (табл. 12-26). Сердечник состоит из двух частей, имеющих форму буквы П, со шлифованными поверхностями стыка. Сердечники типа П (с закругленным сечением ножек — рис. 12-31) изготовляют из ферритов марки 2500НМ и 2500НМС, сердечники типа ПК (с ножками круглого сечения — рис. 12-31) из ферритов марок 2500НМС, 3000НМС и 4000НМС, сердечники типа ПП (с ножками прямоугольного сечения — рис. 12-32) из феррита марки 600НН. Последние применяют только в ТВС телевизоров на кинескопах с отклонением луча 70°.

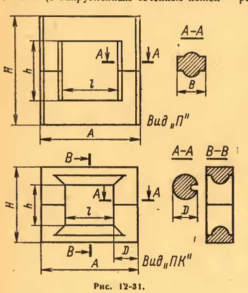


Рис. 12-31.

Магнитная проницаемость замкнутого П-образного сердечника без зазора на частоте 16 кГц имеет величину не менее числа, входящего в марку феррита, при магнитной индукции $B = 0,2$ Т для сердечников из ферритов марок 2500НМ и 2500НМС, и при $B = 0,1$ Т для сердечников из ферритов марок 3000НМС и 4000НМС, что дает возможность получить требуемое напряжение на анодах кинескопов при малой потребляемой мощности.

Сердечники типоразмеров П110, П110П и П110А из феррита марки 2000НМ выполнение указанного условия не обеспечивают, поэтому применение их в ТВС не рекомендуется.

Крепление изделий из ферритов. Изделия из ферритов можно приклеивать к металлическим поверхностям и склеивать между собой с помощью клея БФ-4

или эпоксидного пластифицированного клея. Последний состоит из 100 мас. ч. эпоксидной смолы ЭД-5, 20 мас. ч. эпоксидной смолы ДЭГ-1, 20 мас. ч. полиэтилена и 20 мас. ч. полиамина. Если РЭА предназначается для работы в условиях воздействия длительной повышенной влажности и значительных механических нагрузок, следует применять клей марки К400 (на эпоксидно-полиамидно-кремнийорганической основе).

Для увеличения адгезии клея к склеиваемым поверхностям последние необходимо сделать шероховатыми, например, притиркой на стальной плите с применением карборундового зерна, и обезжирить промывкой ацетоном или смесью ацетона со спиртом (применение бензина не рекомендуется, так как он содержит больше смолистых веществ и более токсичен).

Рис. 12-32.

Надежное клеевое соединение можно получить при толщине клеевого шва 0,1—0,2 мм. Полимеризацию соединения феррита с алюминием или латунью с помощью клея БФ-4 производят при комнатной температуре в течение 6 ч; при температуре 60—70° С достаточно 2 ч. Эпоксидный пластифицированный клей полимеризуется при комнатной температуре в течение 24 ч и при температуре 100° С в течение 2 ч. После горячей полимеризации изделия необходимо охлаждать медленно (20—30° С/ч).

Сердечники из магнитодиэлектриков

Сердечники из магнитодиэлектриков, применяемые в ВЧ катушках и трансформаторах, представляют собой изделия пластмассового типа, изготовленные из порошкообразного ферромагнитного материала — альсифера, карбонильного железа или магнетита с изоляционным связующим материалом — полистиролом, бакелитовыми смолами или стеклоэмалью. Соответственно сердечники называются альсиферовыми, карбонильными и магнетитовыми.

Альсифер — сплав, содержащий около 7,5% алюминия, 9% кремния, остальное железо.

Карбонильное железо — высокодисперсный порошок, состоящий в основном из частиц сферической формы размером 1,5—3,5 мкм слоистой («луковичной») структуры. Последняя обеспечивает меньшую удельную проводимость по сравнению с обычным чистым железом. В карбонильном железе массовая доля железа составляет 97,2—98,8, углерода 0,6—1,2, кислорода 0,8—1,2, азота 0,5—1%.

Магнетит — это магнитный железняк (минерал).

Таблица 12-27

Карбонильные цилиндрические сердечники

Типоразмер	СЦР-1	СЦР-2	СЦР-3	СЦР-4	СЦР-5	СЦР-6	СЦР-7
Длина l, мм Резьба	10 1М6×0,75	19 1М6×0,75	10 1М7×0,75	19 1М7×0,75	10 1М8×1	19 1М8×1	10 1М9×1

Продолжение табл. 12-27

Типоразмер	СЦР-8	СЦШ-1	СЦШ-2	СЦГ-1	СЦГ-2	СЦТ-1	СЦТ-2
Длина l, мм	19	10	19	10	19	10	19
Диаметр d, мм (резьба)	1М9×1	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Диаметр d_1, мм	—	—	—	—	—	3,2	3,2

Таблица 12-28

Карбоиильные броневые сердечники

Типоразмер	СБ-6а	СБ-9а	СБ-12а	СБ-12б	СБ-18а	СБ-23-11а	СБ-23б	СБ-23-17а	СБ-28а	СБ-34а
Размеры сердечников и составляющих их чашек (рис. 12-33)										
d, мм	6,5	9,6	12,3		18	23,0		23	28	34,0
d_1, мм	4,9	7,5	10,0		14	18,5		18	22	27,0
d_2, мм	3,0	4,6	6,0		9	10,0		11	13	13,5
d_3, мм (резьба)	M2	M3	M4		M5	1M7×0,75		1M7×0,75	1M8×1	
h, мм, не более	3,2	3,8	5,3		7,4	5,7		8,7	11,7	14,2
h_1, мм, не менее	2,0	2,1	4,1		5,7	3,1		6,0	8,5	10,2
Размеры подстроечников (рис. 12-29, *а*)										
Резьба	M2	M3	M4		M5	1M7×0,75		1M7×0,75	1M8×1	
l, мм	7,5	8,0	11,5		13,5	13,0		19,0	25,0	30,0
Эффективная магнитная проницаемость в отсутствие подстроечника										
$\mu_{эфф}$, не менее	1,7	1,7	3,0	1,7		2,8	1,8	3,4	3,7	3,4

Карбонильные цилиндрические подстроечные сердечники типа СЦР с резьбой (рис. 12-28, *а*, табл. 12-27) помещают внутрь каркасов катушек, на внутренней поверхности которых имеется резьба. Вращением сердечника изменяют его объем внутри катушки и тем самым изменяют индуктивность. При сердечнике, полностью введенном в катушку, $\mu_{эфф} \approx 1,6$ (измеряется на частоте 15 МГц).

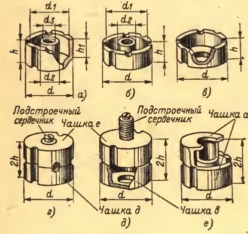


Рис. 12-33.

Карбонильные цилиндрические подстроечные сердечники гладкие. Сердечники типа СЦГ вставляют внутрь катушек (или катушки наматывают на них, когда требуется постоянная индуктивность). Карбонильные сердечники такой же формы, но с впрессованными в них латунными шпильками с резьбой — тип СЦШ — используют в качестве подстроечников.

Когда сердечник СЦГ или СЦШ полностью введен в катушку, то $\mu_{эфф} \approx 1,9$ (измеряется на частоте 6 МГц).

Броневые сердечники (табл. 12-28). Карбонильный броневой сердечник (рис. 12-33, *а—е*) состоит из двух чашек, в одну из которых ввинчивается под-

Таблица 12-31

Магнитопроводы витые П-образные

Типоразмер	Размеры, мм, по рис. 12-36, в			S, см²	l, см	$l_в$, см	$J_{ср}$, А/мм²	$P_т$, В·А	$E^{(1)}$, В	$\Delta U_т$
	A	H	c							
ПЛМ 22×32-28	63	72	19	6,4	16,0	16,8	5,8	50	0,225	0,17
ПЛМ 22×32-36	63	80	19	6,4	18,0	16,8	4,7	70	0,225	0,15
ПЛМ 22×32-46	63	90	19	6,4	20,0	16,8	4,1	90	0,225	0,14
ПЛМ 22×32-58	63	102	19	6,4	22,0	16,8	3,1	110	0,225	0,12
ПЛМ 27×40-36	78	90	24	9,7	20,0	21,0	5,3	135	0,344	0,13
ПЛМ 27×40-46	78	100	24	9,7	22,8	21,0	4,6	160	0,344	0,11
ПЛМ 27×40-58	78	112	24	9,7	25,0	21,0	3,8	200	0,344	0,10
ПЛМ 27×40-73	78	137	24	9,7	28,0	21,0	3,2	270	0,344	0,09
ПЛМ 34×50-46	98	114	30	15,5	26,0	26,2	4,8	390	0,585	0,088
ПЛМ 34×50-58	98	126	30	15,5	28,0	26,2	4,1	450	0,585	0,073
ПЛМ 34×50-73	98	147	30	15,5	30,5	26,2	3,3	550	0,585	0,06
ПЛМ 34×50-90	98	158	30	15,5	33,0	26,2	3,0	680	0,585	0,05

Примечания: 1. Числа в обозначении типоразмера магнитопровода указывают: первое — ширину его стержня *a*, третье — ширину ленты *b*, из которой изготовлен магнитопровод, второе — высоту окна *h* (все размеры в миллиметрах).

2. Обозначения: $P_т$, $E^{(1)}$, $\Delta U_т$ — см. примечание к табл. 12-30.

Обмотки трансформаторов и дросселей

Низкочастотные трансформаторы, трансформаторы питания и дроссели сглаживающих фильтров радиолюбители наматывают обычно на каркасах из изоляционного материала. При наличии опыта можно осуществлять бескаркасную намотку.

Каркасы изготовляют из гетинакса, текстолита или плотного картона, склеивая их части клеем БФ, нитроклеем или густым шеллачным лаком. Не рекомендуется применять столярный и канцелярский клеи, так как они невлагоустойчивы. Картонные части каркаса по окончании его изготовления покрывают лаком или клеем БФ.

Толщина стенок каркасов при напряжениях обмоток до 2 кВ определяется их механической прочностью; практически достаточно иметь толщину 1—1,5 мм. При напряжениях до 3 кВ толщину следует увеличить до 2—2,5 мм и до 5 кВ при напряжениях до 3—4 мм.

Ширина окна каркаса должна быть примерно на 1 мм больше размера *a* магнитопровода. Высоту окна каркаса следует брать на 1,5—2 мм больше размера *b* магнитопровода, иначе при сборке трудно будет вложить в окно каркаса требуемое количество пластин. Такие же размеры должна иметь гильза из изоляционного материала при бескаркасной намотке трансформатора или дросселя.

Ш-образный магнитопровод должен иметь высоту щечек каркаса примерно на 1 мм меньше ширины окна *c*, а стержневой магнитопровод — на 1—1,5 мм меньше половины ширины его окна. В случае магнитопровода из пластин по рис. 12-34, *а* или витого разрезного магнитопровода длину каркаса следует брать на 1 мм меньше высоты окна магнитопровода. При использовании магнитопровода из пластин по рис. 12-34, *б*, *в* высота каркаса должна быть на 3—8 мм меньше высоты окна магнитопровода, иначе пластины при сборке не будут в него входить. Укорочение каркаса должно быть тем больше, чем больше размеры магнитопровода.

Плотность тока в обмотке. Чем больше плотность тока в обмотке J [А/мм²] и чем меньше поверхность обмотки, с которой обеспечивается отдача тепла в окружающую среду, тем больше перегрев трансформатора (дросселя) — превышение температуры его обмоток над температурой среды. Перегрев трансформатора (дросселя) большего размера на данное число градусов получается при меньшем значении плотности тока. При температуре окружающей среды $t_{окр}$ и температуре перегрева обмотки $t_{п}$ она нагреется до температуры

$$t_{обм}=t_{окр}+t_{п}. \tag{12-4}$$

При указанных в табл. 12-29—12-31 средних значениях плотности тока $J_{ср}$ перегрев обмоток $t_{п} \approx 55°$ С. Для уменьшения перегрева плотность тока нужно снижать.

Для трансформаторов питания и дросселей фильтров, обмотки которых выполнены из провода ПЭЛ или провода в шелковой или хлопчатобумажной изоляции при бескаркасной намотке, а также когда намотка произведена на каркасах из слоистых пластиков (типа гетинакса и текстолита) или на каркасах из пропитанных картона, бумаги и фанеры, допустим нагрев до температуры 90° С (кратковременно до 105° С). Если обмотки выполнены проводом ПЭВ, то допускается нагрев до 105° С (кратковременно до 125 °С). При использовании в конструкции непропитанного картона предельно допускаемая температура длительного нагрева снижается до 80 °С.

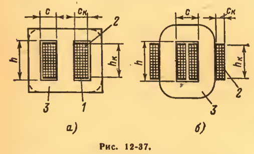


Рис. 12-37.

Температуру перегрева обмотки сопротивлением R [Ом] при прохождении по ней тока I [А] можно определить по формуле

$$t_{п} \approx 550R_{1}^{2}/S_{охл}. \tag{12-5}$$

Необходимое для подстановки в эту формулу значение эффективной поверхности охлаждения обмотки вычисляют по формуле

$$S_{охл}=2c_{к}(2a+\pi c_{к})+2h_{к}(a+\pi c_{к}), \tag{12-6}$$

где a — ширина стержня магнитопровода (см. рис. 12-35 и 12-36); $c_{к}$ — толщина намотки (рис. 12-37, *а*, *б*); $h_{к}$ — длина слоя намотки.

Площадь $S_{охл}$ получается в квадратных сантиметрах, если a, $c_{к}$ и $h_{к}$ выразить в сантиметрах.

Поскольку теплоотдача от внутренней обмотки трансформатора затруднена, плотность тока в ней должна составлять 0,7 $J_{ср}$, указанного в таблице для магнитопровода данного типоразмера. Плотность тока во внешних обмотках, условия охлаждения которых лучше, может быть соответственно больше значения $J_{ср}$.

Выбор обмоточного провода. Обмотки трансформаторов питания, дросселей сглаживающих фильтров и НЧ трансформаторов наматывают проводами в эмалевой изоляции. Применения проводов в шелковой, капроновой и хлопчатобумажной изоляции избегают, поскольку они имеют значительные внешние диаметры и поэтому габариты трансформаторов и дросселей получаются существенно большими.

Необходимый диаметр провода обмотки d [мм] определяют по значению тока в ней I [А] и допустимой плотности тока J [А/мм²] по формуле

$$d=1{,}13\sqrt{\frac{I}{J}} \tag{12-7}$$

или по номограмме на рис. 12-38. Если провода с диаметром, полученным по расчету, не имеется, применяют провод с ближайшим большим стандартным диаметром (табл. 12-32). Когда же по расчету получается $d < 0{,}05$ мм, то из соображений механической прочности провода применяют провод ⌀ 0,06—0,08 мм.

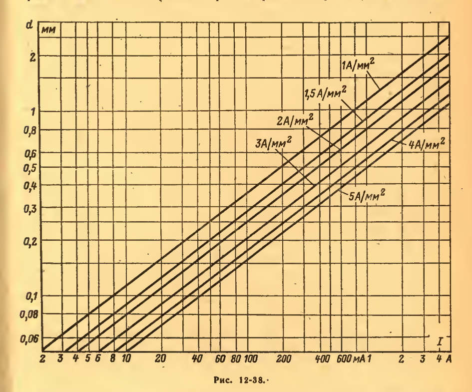


Рис. 12-38.

Толщину $c_к$ [мм], которую займет обмотка из провода с диаметром проводящей жилы d [мм] при числе витков w, намотанных рядами на каркасе с размером $h_к$ между щечками (рис. 12-37), можно определить по формуле

$$c_к = \frac{0{,}8 d^2 w}{\beta_0 h_к} + n l_п, \qquad (12\text{-}8)$$

где β_0 — коэффициент заполнения каркаса медью, определяемый по номограмме на рис. 12-39; n — количество междуслойных прокладок; $l_п$ — толщина каждой прокладки, мм.

Число витков из провода с диаметром медной жилы d [мм], размещающееся на каркасе, имеющем размер $h_к$ [мм] между щечками (рис. 12-37), при наличии n прокладок толщиной по $l_п$ [мм], можно определить по формуле

$$w = 1{,}25 \beta_0 h_к (c_к - n l_п)/d^2, \qquad (12\text{-}10)$$

где $c_к$ — толщина намотки, мм.

Таблица 12-32

Наиболее распространенные обмоточные провода

Диаметр медной жилы d, мм	Диаметр провода в изоляции $d_{из}$, мм					
	ПЭ	ПЭВ-1	ПЭВ-2	ПЭЛШО, ПЭЛШКО	ПЭЛБО, ПЭЛКО	ПБД
0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09	$d+0,015$	$d+0,025$	$d+0,03$	$d+0,07$	—	—
0,10; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14	$d+0,020$	$d+0,025$	$d+0,03$	$d+0,075$	—	—
0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,19	$d+0,020$	$d+0,030$	$d+0,04$	$d+0,075$	—	—
0,20; 0,21	$d+0,025$	$d+0,03$	$d+0,04$	$d+0,09$	$d+0,125$	$d+0,19$
0,23; 0,25	$d+0,025$	$d+0,04$	$d+0,05$	$d+0,09$	$d+0,125$	$d+0,19$
0,27; 0,29	$d+0,04$	$d+0,04$	$d+0,05$	$d+0,105$	$d+0,155$	$d+0,22$
0,31; 0,33; 0,35	$d+0,04$	$d+0,04$	$d+0,06$	$d+0,11$	$d+0,16$	$d+0,22$
0,38; 0,41	$d+0,04$	$d+0,04$	$d+0,06$	$d+0,11$	$d+0,17$	$d+0,22$
0,44; 0,47; 0,49	$d+0,05$	$d+0,04$	$d+0,06$	$d+0,11$	$d+0,17$	$d+0,22$
0,51; 0,53; 0,55; 0,57; 0,59	$d+0,05$	$d+0,05$	$d+0,07$	$d+0,12$	$d+0,17$	$d+0,22$
0,62	$d+0,05$	$d+0,05$	$d+0,07$	$d+0,12$	$d+0,17$	$d+0,22$
0,64; 0,67; 0,69	$d+0,05$	$d+0,05$	$d+0,08$	$d+0,12$	$d+0,17$	$d+0,22$
0,72	$d+0,06$	$d+0,05$	$d+0,08$	$d+0,13$	$d+0,18$	$d+0,22$
0,74; 0,77; 0,80; 0,83; 0,86	$d+0,06$	$d+0,06$	$d+0,09$	$d+0,13$	$d+0,18$	$d+0,22$
0,90; 0,93; 0,96	$d+0,06$	$d+0,06$	$d+0,09$	$d+0,13$	$d+0,18$	$d+0,22$
1,0	$d+0,07$	$d+0,08$	$d+0,11$	$d+0,14$	$d+0,21$	$d+0,27$
1,04; 1,08; 1,12; 1,16; 1,2	$d+0,08$	$d+0,08$	$d+0,11$	$d+0,14$	$d+0,21$	$d+0,27$
1,25; 1,3; 1,35; 1,4; 1,45	$d+0,08$	$d+0,08$	$d+0,11$	$d+0,14$	$d+0,21$	$d+0,27$
1,5; 1,56	$d+0,08$	$d+0,08$	$d+0,11$	$d+0,16$	$d+0,21$	$d+0,27$
1,62; 1,68; 1,74	$d+0,09$	$d+0,08$	$d+0,11$	$d+0,16$	$d+0,21$	$d+0,27$
1,81; 1,88; 1,95	$d+0,09$	$d+0,09$	$d+0,12$	$d+0,16$	$d+0,21$	$d+0,27$
2,02	$d+0,10$	$d+0,09$	$d+0,12$	$d+0,16$	$d+0,21$	$d+0,27$
2,1	$d+0,10$	$d+0,10$	$d+0,13$	$d+0,16$	$d+0,21$	$d+0,27$
2,26; 2,44	$d+0,10$	$d+0,10$	$d+0,13$	—	—	$d+0,33$
2,63; 2,83; 3,05; 3,28; 3,53	—		—	—	—	$d+0,33$

Таблица 12-33

Междуобмоточная и покровная изоляция

Действующее напряжение обмотки, В	Количество слоев изоляции	Минимальная толщина бумаги или ткани, мм	Действующее напряжение обмотки, В	Количество слоев изоляции	Минимальная толщина бумаги или ткани, мм
<250	2	0,06	2251—3000	5	0,2
250—750	2	0,1	3001—3500	6	0,2
751—1250	3	0,15	3501—5000	8	0,2
1251—2250	4	0,2			

Изоляционные прокладки. В качестве изоляционных прокладок между обмотками трансформатора и в качестве покровной изоляции верхнего слоя витков используют пропитанную лаком электротехническую ткань типа «кембрик», кабельную бумагу либо бумагу, пропитанную церезином, воском или лаком. Количество слоев изоляции и ее толщина зависят от напряжения обмотки (см. табл. 12-33). Обмотки необходимо разделять на части прокладками из пропитанной бумаги. При напряжении обмотки до 20 В рекомендуется делать прокладки через каждые три ряда провода, а при больших напряжениях — через каждый ряд провода; если напряжение превышает 50 В, прокладки должны быть двухслойными. Рекомендуются прокладки следующей толщины:

Диаметр провода, мм	Толщина прокладки, мм
0,2	0,03—0,05
0,21—1,0	0,06—0,08
1,04—1,74	0,1—0,2
1,81—2,2	0,2—0,3
2,2	0,2 (два слоя)

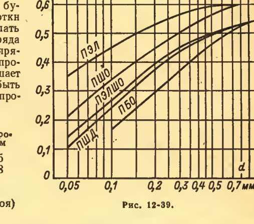


Рис. 12-39.

Стандартные дроссели. Их параметры и размеры приведены в табл. 12-34.

Таблица 12-34

Дроссели для сглаживающих фильтров, выпускаемые с государственным Знаком качества

Тип дросселя	*L*, Г, не менее	Условия измерения		*r*, Ом	Размеры, мм
		I, А	*U*, В		
Д-1-К	2,0	0,15	6,0	72 ± 11	60×37×51
ДР-0,4-0,34	0,4	0,34	4,2	18 ± 2,7	47×42×41
ДР-1,2-0,16	1,2	0,16	10,6	60 ± 9,0	53×41×45
ДР-2ЛМ-К					62×54×55
Выводы *1—2*	2,3	0,21	10,0	67 ± 10	
Выводы *3—4*	0,6	0,065	10,0	67 ± 10	
ДР-2,5-0,38	2,5	0,38	7,7	40 ± 6,0	82×62×71
ДР-5-0,08	5,0	0,08	14,0	260 ± 40	47×42×41

Примечания: 1. В графе «Условия измерения» указаны постоянный ток обмотки и действующее значение переменной составляющей напряжения на обмотке частотой 50 или 100 Гц, при этом значение постоянного тока является предельно допускаемым в режиме длительной работы.

2. Высоты дросселей указаны без отгибающихся лапок для крепления.

3. Дроссели Д-1-К и ДР-2ЛМ выполнены на магнитопроводах из ленты, остальные — на магнитопроводах из пластин.

12-8. ПРИЕМНО-УСИЛИТЕЛЬНЫЕ И МАЛОМОЩНЫЕ ГЕНЕРАТОРНЫЕ ЛАМПЫ

Конструктивные виды ламп

Конструктивный вид приемно-усилительных ламп указывает вторая буква (четвертый элемент) в ее обозначении.

С — в стеклянном баллоне, Ø 22,5 мм;
К — в керамической оболочке;
П — стеклянная миниатюрная (пальчиковая), Ø 19 и 22,5 мм;
Г — стеклянная сверхминиатюрная, Ø 10,2 мм;
Б — стеклянная сверхминиатюрная, Ø 10,2 мм;
А — стеклянная сверхминиатюрная, Ø до 8 мм;
Р — стеклянная сверхминиатюрная, Ø до 5 мм;
Л — с замком в ключе цоколя;
Д — с дисковыми впаями («маячковая», «карандашная»);
Н — металлокерамическая, нувистор.

Лампы, отличающиеся повышенной надежностью и механической прочностью, имеют в конце обозначения букву В, лампы с долговечностью 10 000 ч и более — букву Д, с долговечностью 5000 ч и более — букву Е, лампы для работы в импульсном режиме — букву И. Маломощные кенотроны и диоды также принято относить к числу приемно-усилительных ламп.

В табл. 12-35 приняты следующие сокращенные обозначения электродов приемно-усилительных ламп: а — анод, к — катод, л — лучеобразующие пластины лучевого тетрода, н — нить накала, подогреватель в лампе с катодом косвенного накала, с — сетка, э — экран внутри баллона, ф — флуоресцирующий экран, х — штырек отсутствует, «—» — с данным штырьком электрод не соединен.

Для ламп, объединяющих два диода или триода, а также для многосеточных ламп к буквам а, к, с добавляется цифра, указывающая порядковый номер электрода, например, к2 — катод второго триода, с2 (для двойного триода) — сетка второго триода, с2 (для пентода и тетрода) — вторая (экранирующая) сетка. Для комбинированных ламп к буквам а, к, с добавляется вторая буква: г — гептод, п — пентод, т — триод, д — диод (например, аг — анод гептода в триод-гептоде, сп1 — управляющая сетка пентодной части триод-пентода).

Схемы расположения штырьков приемно-усилительных ламп широкого применения приведены на рис. 12-40, 12-41.

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров ламп

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров ламп определяют электрические и тепловые режимы их работы, превышение которых может привести к необратимому изменению параметров ламп и быстрому выходу ламп из строя вследствие потерь эмиссии катода, перегорания подогревателя (нити накала), междуэлектродного электрического пробоя или перегрева электродов, в первую очередь анода и экранирующей сетки. Кроме того, если лампы работают при максимально допускаемых напряжениях и токах, понижается долговечность аппаратуры, особенно при таких режимах, когда два (или более) параметра достигают своего максимально допускаемого значения.

Максимально допускаемый анодный или катодный ток $I_{а. макс}$, $I_{к. макс}$. Для ламп, предназначенных для работы в импульсном режиме (например, в генераторах строчной развертки телевизоров), помимо среднего допускаемого тока катода (постоянная составляющая) указывается его максимальное импульсное значение $I_{к. и. макс}$.

Максимально допускаемое постоянное напряжение на аноде $U_{а. макс}$.

Таблица 12-35

Расположение штырьков приемно-усилительных ламп широкого применения

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 12-40, 12-41	Порядок соединения электродов со штырьками								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9, (10), [11], {12}
1А2П	РШ4	к	а	с2, с4	с1	к, с5	с3	к	×	×
1Е4А-В	Без цоколя	×	н, к	×	×	с	н, к	а	×	×
1Ц1С	РШ5-1	×	н, к	×	—	—	×	н, к	×	×
1Ц7С[1]	РШ5-1	—	к	—	×	—	×	н	×	×
1Ц11П[1]	РШ4	н1	—	—	н1	н2	н1	×	×	×
1Ц21П	РШ8	н1, к	н2	—	н1, к	н2	н1, к	—	н2	н1, к
2П1П	РШ4	н, к	а	с1	с2	л	а	н, к	—	—
3Ц16С[1]	РШ5-1	н, к	н	н, к	—	н, к	н	н, к	—	×
3Ц18П[1]	РШ4	н, к	—	—	н, к	н	—	н, к	×	×
3Ц22С	РШ24	н, к	—	н	—	н, к	н	н, к	—	×
6А2П	РШ4	с1	к, с5	н	н	а	с2, с4	с3	×	×
6А4П	РШ8	с4	с1	к, с5	н	н	а1	а2	с2	с3
6В1П	РШ8	а	с3	с2	н	н	к	с1	к	×
6В2П	РШ8	а	—	с2	н	н	к, э	с1	к, э	×
6В3С	РШ8	а	д1	с2	н	н	к	с1	э	а2
6Д14П[2]	РШ8	—	а	—	н	н	—	а	—	а
6Д22С	РШ24	а	—	а	н	н	а	—	а	—
6Е1П	РШ8	с	к	ф	н	н	×	а	ф	ф
6Е2П	РШ8	а1	с[3]	а2	н	н	с2	к	с1	ф
6Е3П	РШ8	с	э	к, ф	н	н	э	—	э	а
6Ж1П	РШ4	с1	к, с3	н	н	а	с2	к, с3	×	×
6Ж2П	РШ4	с1	к, э	н	н	а	с2	с3	×	×
6Ж3П	РШ4	с1	к, э	н	н	а	с2	к	×	×
6Ж4П	РШ4	с1	с3, э	н	н	а	с2	к	×	×
6Ж5П	РШ4	с1	л	н	н	а	с2	к	×	×
6Ж9П	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3, э	с2
6Ж10П	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3, э	с2
6Ж11П	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3, э	с2

Продолжение табл. 12-35

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 12-40, 12-41	Порядок соединения электродов со штырьками								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9, (10), [11], {12}
6Ж23П	РШ8	к	с1	к	н	н	а1	с3	а2	с2
6Ж32П	РШ8	с2	э	к	н	н	а	э	с3	с1
6Ж38П	РШ4	с1	к, с3, а	н	н	а	с2	к, с3, э	×	×
6Ж40П	РШ4	с1	к	н	н	а	с2	с3	×	×
6Ж43П	РШ8	к	с1	к	н	н	а1	с3	а2	с2
6Ж49П-Д	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3	с2
6Ж50П	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3	с2
6Ж51П	РШ8	к	с1	к	н	н	э	а	с2	с3
6Ж52П	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3	с2
6Ж53П	РШ4	с1	к, с3	н	н	а	с2	к	×	×
6Ж63П	РШ4	с1	к, с3	н	н	а	с2	к	×	×
6И1П	РШ8	с2, с4	с1	к, с5, э	н	н	аг	с3	ат	ст
6К1П	РШ4	с1	к	н	н	а	с2	к, с3	×	×
6К4П	РШ4	с1	с3, э	н	н	а	с2	к, э	×	×
6К8П	РШ4	с1	к	н	н	а	с2	с3	×	×
6К13П	РШ8	к	с1	к	н	н	э	а	с2	с3
6Н1П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н2П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н3П	РШ8	н	к	с1	а1	э	а2	с2	к2	н
6Н4П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н5П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н6П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н14П	РШ8	к1	с1, э	а1	н	н	с2	к2	к2	а2
6Н15П	РШ4	а2	а1	н	н	с1	с2	к	×	×
6Н16Б	Без цоколя	а2	к1	с1	н	а1	к2	с2	н	×
6Н17Б	Без цоколя	а2	к1	с1	н	а1	к2	с2	н	×
6Н18Б	Без цоколя	а2	к1	с1	н	а1	к2	с2	н	×
6Н19П	РШ8	н	ск1	с21	а1	к	а2	с22	ск2	н

Продолжение табл. 12-35

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 12-40, 12-41	Порядок соединения электродов со штырьками								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9, (10), [11], {12}
6Н21Б	Без цоколя	к1	э	с1	а1	н	к2	—	с2	а2, (н)
6Н23П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н24П	РШ8	к1	с1, э	а1	н	н	с2	к2	к2	а2
6Н27П	РШ8	а1	с1	к1	н	н	а2	с2	к2	э
6Н31П	РШ8	а2	с2	к2	н	н	а1	с1	к1	э
6П1П	РШ8	а	с2	к, л	н	н	а	с1	к, л	с2
6П3С	РШ5-1	×	н	а	с2	с1	×	н	к, л	×
6П6С	РШ5-1	×	н	а	с2	с1	×	н	к, л	×
6П7С	РШ5-1	×	н	к, л	—	с1	×	н	с2	×
6П13С[1]	РШ5-1	×	н	к, л	×	с1	×	н	с2	×
6П14П	РШ8	—	с1	к, с3	н	н	—	а	—	с2
6П15П	РШ8	с3, э	с1	к	н	н	с3, э	а	—	с2
6П18П	РШ8	—	с1	к, с3	н	н	—	а	—	с2
6П20С[1]	РШ5-1	с2	н	к, л	с1	с2	к, л	н	с2	×
6П21С[1]	РШ5-1	л	н	с2	л	с1	л	н	×	×
6П23П	РШ8	л[4]	с2	л[4]	н	н	л[4]	с1	с2	л[4]
6П27С	РШ5-1	×	н	а	с2	с1	×	н	к, л	×
6П31С	РШ5-1	×	н	н	с2	с1	×	н	к, л	×
6П33П	РШ8	с1	с1	к, с3	н	н	с2	а	—	с2
6П36С[1]	РШ24	с1	с1	к, л	н	н	с2	с2	к, л	—
6П38П	РШ8	к	с1	к	н	н	—	а	с3	с2
6П39С	РШ24	а	с3	с2	н	н	с3	к	с1	к
6П41С	РШ24	с2	с1	к, эл	н	н	с1	с2	—	а
6П42С[1]	РШ24	с1	с1	к, л	н	н	с2	с2	к, л	—
6П43П-Е	РШ8	—	с1	к, с3	н	н	—	а	—	с2
6П44С	РШ24	с1	с1	к, л	н	н	с2	с2	к, л	—
6П45С	РШ24	с1	л	с2	н	н	с2	л	с1	к

Продолжение табл. 12-35

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 12-40, 12-41	Порядок соединения электродов со штырькамя								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9, (10), [11], {12}
6Р2П	Без цоколя	с1	к, л	с12	н	н	а1	с2	а2	—
6Р3С-1	РШ6	с11	с2	к, л	н	с12	н	к	н	×
6Р4П	РШ25	с12	к, с32	с22	а2	н	н	к, с31	с11	с21, (а1)
6Р5П	РШ8	с21	с11	а1	н	н	с12	к, э	а2	с22
6С1П	РШ4	а	к	н	н	а	с	к	×	×
6С2Б	Без цоколя	а	с	н	н	к	×	×	×	×
6С3Б	» »	а	н	н	с	к	×	×	×	×
6С3П	РШ8	—	с	к	н	н	к	к	к	а
6С4П	РШ8	с, э	с, э	к	н	н	к	с, э	с, э	а
6С7Б	Без цоколя	а	н	н	с	к	×	×	×	×
6С15П	РШ8	к	с	к	н	н	к	а	с	к
6С19П	РШ8	а	с	а	н	н	а	с	а	к
6С13Д	Оформление стеклянное с дисковыми выводами катода и сетки									
6С17С-К	Оформление металлокерамическое с цилиндрическими выводами									
6С36К	Оформление металлическое с дисковыми выводами сетки и цилиндрическими выводами анода, катода и подогревателя									
6С40П	РШ8	к, э	—	—	н	н	—	—	—	с
6С45П-Е	РШ8	к	с	к	н	н	к	а	с	к
6С44Д	Оформление стекляннометаллическое с цилиндрическим выводом анода и катода и дисковым выводом сетки									
6С51Н	РШ39	×	а	×	с	×	×	×	к	×, (н), [—], {н}
6С52Н	РШ39	—	а	—	с	—	—	—	к	—, (н), [×], {н}
6С53Н	РШ39	н	н	к	а	с	×	×	×	×
6С56П	РШ8	а	с	а	н	н	а	с	а	к
6С58П	РШ8	к	с	к	н	н	—	а	×	×
6С59П	РШ8	с	с	к	н	н	×	с	с	а

Продолжение табл 12-35

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 12-40, 12-41	Порядок соединении электродов со штырьками								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9, (10), [11], {12}
6Ф1П	РШ8	ат	сп1	сп2	н	н	ап	кп	кт	ст
6Ф3П	РШ8	ст	кп, эл	сп2	н	н	ап	сп3	кт	ат
6Ф4П	РШ8	ст	ат	кт	н	н	ап	кп	сп1	сп2
6Ф5П	РШ8	ат	ст	кт	н	н	ап	сп2	кп, л	сп1
6Ф12П	РШ8	ст	кт	ап	н	н	сп1	кп, э с3	сп2	ат
6Ц13П	РШ8	—	—	а	н, к	н, к	—	—	—	—
6Ц17С	РШ5-1	а	—	—	—	а	—	н	н	×
6Ц19П[2]	РШ8	—	а	—	н	н	—	а	—	—
6Э5П	РШ8	н	а	—	к	с2	н	—	с1	к
6Э6П-Е	РШ8	к	с1	к	н	н	к	а	—	с2
6Э12Н[1]	РШ39	—	с2	—	с1	—	—	—	к	—, (н), [×], {н}
6Э13Н[1]	РШ39	—	с2	—	с1	—	—	—	к	—, (н), [×], {н}
6Э14Н[1]	РШ39	—	с2	—	с1	—	—	—	к	—, (н), [×], {н}
9Ф8П	РШ8	ат	сп1	сп2	н	н	ап	кп, сп3, э	кт, ст	×
15Ф4П	РШ8	ст	ат	кт	н	н	ап	кп, э, с3	сп1	сп2
16Ф3П	РШ8	ст	кп, л	сп1	н	н	ап	с2	кт	ат
18Ф5П	РШ8	ат	ст	кт	н	н	ап	сп2	кп	сп2, сп1

[1] Анод выведен к колпачку на баллоне.
[2] Катод выведен к колпачку на баллоне.
[3] Индикаторная сетка.
[4] Лучеобразующие пластины соединены со средней точкой нити накала.

Максимально допускаемая мощность, выделяемая на аноде и на экранирующей сетке, $P_{а.макс}$, $P_{с2макс}$.

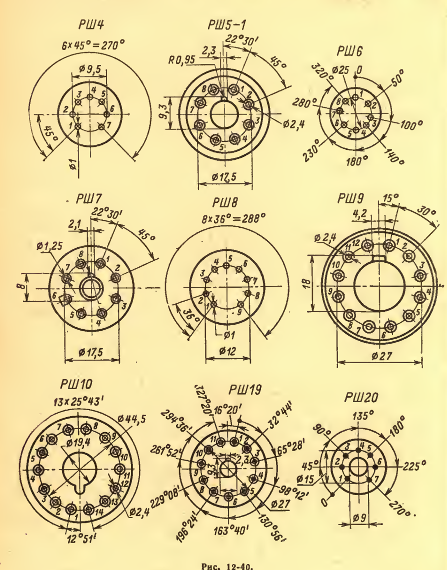


Рис. 12-40.

Максимально допускаемое сопротивление в цепи управляющей сетки $R_с$. Этот параметр указывается для отдельных типов ламп. Превышение значения $R_с$ может привести к нарушению работы лампы и выходу ее из строя.

Максимально допускаемый анодный ток диода в импульсе $I_{вп.макс}$ ограничивается эмиссией катода, при которой перегрев катода током лампы не опасен (табл. 12-36 и 12-37).

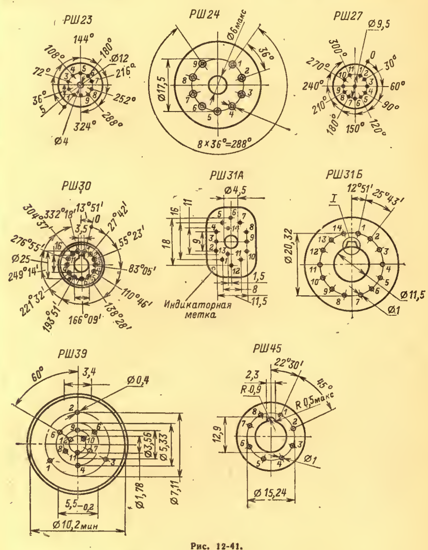


Рис. 12-41.

Максимально допускаемый выпрямленный ток диода $I_{вп.ср.макс}$ ограничивается мощностью потерь на аноде или эмиссией катода.

Максимально допускаемое импульсное значение обратного напряжения диода $U_{обр.и.макс}$ — наибольшее напряжение на аноде во время отрицательного полу-

периода подводимого напряжения, при котором не возникает пробоя внутри диода или между штырьками его цоколя.

Таблица 12-36

Диоды

Тип лампы	$U_н$, В	$I_н$, А	$U_{обр. и. макс}$, В	$I_{вп. ср. макс}$, мА	$I_{вп. макс}$, мА	$C_{а. к}$, пФ, не более	D, мм, не более	h, мм, не более
Диоды с одним анодом								
2Д2С	1,5	1,5	200	—	40	0,8	32	45,5
6Д3Д	6,3	0,77	200	27	150	3,0	33	50
6Д10Д	6,3	0,75	100	10	30	3,5	20	40
6Д16Д	6,3	0,24	450	—	2000 *	2,0	7,5	29
6Д15Д	6,3	0,33	200	8	750 *	1,5	20	36
Демпферные диоды								
6Д14П	6,3	1,1	5600	150	600	10	22,5	75
6Ц17С	6,3	1,8	4500	215	1200	11	33	100
6Ц19П	6,3	1,1	4500	120	450	8,0	22,5	75
6Д22С	6,3	1,9	6000	300	1000	13,5	30	100

* В импульсе.

Таблица 12-37

Кенотроны с одним анодом *

Тип лампы	$U_н$, В	$I_н$, А	R_i, Ом	$U_{обр. н. макс}$, кВ	$I_{вп. макс}$, мА	$I_{вп. ср. макс}$, мА	D, мм, не более	h, мм, не более
1Ц1С	0,7	0,19	7500	15	5,0	0,5	33	90
1Ц7С	1,25	0,2	14 000	30	17	2,0	33	105
1Ц11П	1,2	0,2	20 000	20	2,0	0,3	19	60
1Ц20Б	1,0	0,25	—	10	1,0	0,3	10,2	86
1Ц21П	1,4	0,69	—	25	40	0,6	22,5	80
3Ц16С	3,15	0,21	—	35	80	1,1	33	105
3Ц18П	3,15	0,21	15 000	25	15	1,5	19	65
3Ц22С	3,15	0,4	—	36	—	2,0	30	90

* Лампы для преобразования импульсного напряжения обратного хода строчной развертки телевизоров в постоянное высокое анодное напряжение кинескопов.

Основные параметры ламп с управляющими сетками

Средние значения электрических параметров приемно-усилительных ламп с сетками и некоторых маломощных генераторных ламп, соответствующие номинальным режимам их работы, указаны в табл. 12-38—12-42. Номинальное напряжение накала ламп с цифрой 1 в начале обозначения — $U_н$ = 1,2 В, ламп с цифрой 2 — 2,2 В, ламп с обозначением, начинающимся с цифры 6—6,3 В и с числа

12—12,6 В. Параметры ламп зависят от конструктивных размеров электродов и от напряжений на электродах, поскольку характеристики ламп нелинейны. В справочнике приводятся средние значения S, R_i и μ для номинального режима работы ламп. Такие значения параметров названы номинальными.

Крутизна характеристики S показывает, на сколько миллиампер изменится анодный ток I_a при изменении напряжения управляющей сетки U_{c1} на 1 В при неизменных напряжениях на остальных электродах лампы.

Внутреннее сопротивление R_i (сопротивление лампы переменному току) — отношение приращения анодного напряжения к вызываемому им приращению анодного тока I_a при неизменных напряжениях на остальных электродах лампы.

Коэффициент усиления μ показывает, на сколько вольт нужно изменить анодное напряжение, чтобы при изменении напряжения на управляющей сетке на 1 В анодный ток остался неизменным.

Крутизна преобразования $S_{пр}$ — параметр частотопреобразовательных ламп — отношение переменной составляющей анодного тока промежуточной частоты к переменному напряжению на сигнальной сетке при заданном напряжении на гетеродинной сетке и неизменных напряжениях на остальных электродах.

Обычно $S_{пр} = (0{,}25 \div 0{,}35)\ S$; она возрастает в некоторых пределах при увеличении напряжения гетеродина.

Входная емкость $C_{вх}$ — емкость управляющей сетки по отношению к электродам, на которых в рабочем режиме лампы нет переменных потенциалов частоты напряжения, приложенного к цепи управляющей сетки. Для триода $C_{вх}$ — емкость между сеткой и катодом; для пентода она равна емкости между первой (управляющей) сеткой и катодом, соединенным со второй и третьей сетками. Входная емкость гептода равна емкости между его сигнальной сеткой и катодом, соединенным со всеми пятью сетками.

Выходная емкость $C_{вых}$ — емкость между анодом и другими электродами, на которых в рабочем режиме лампы нет переменных потенциалов той же частоты, какую имеет переменное напряжение на сопротивлении нагрузки лампы. Выходная емкость триода — емкость между анодом и катодом. Для пентода она равна емкости между анодом и катодом, соединенным со второй и третьей сетками. Для гептода $C_{вых}$ равна емкости между его анодом и катодом, соединенным со всеми пятью сетками.

Усиление лампы на высоких частотах тем больше, чем меньше сумма $C_{вх} + C_{вых}$ и чем больше S.

Проходная емкость $C_{прох}$ — емкость между анодом и управляющей сеткой лампы

Отношение крутизны характеристики лампы к проводимости ее проходной емкости служит показателем устойчивости усилителя.

Коэффициент широкополосности — отношение $S/(C_{вх} + C_{вых})$.

Эквивалентное сопротивление внутриламповых шумов $R_ш$ — сопротивление резистора, на концах которого при температуре 25° С вследствие собственных тепловых колебаний электронов возникает напряжение шумов, которое, будучи приложенным между управляющей сеткой и катодом идеальной бесшумной лампы, вызывает в ее анодной цепи такой же ток шумов, какой создается в реальной лампе.

Для триода $R_ш = 3/S$; для пентода $R_ш = \dfrac{3}{S} + \dfrac{20 I_a I_{c2}}{S^2 (I_a + I_{c2})}$.

Здесь токи I_a и I_{c2} выражены в миллиамперах, крутизна S — в миллиамперах на вольт и сопротивление $R_ш$ — в килоомах. Величина $R_ш$ имеет значение при выборе лампы для первых каскадов усилителей.

Эксплуатация ламп

Для обеспечения надежности и долговечности электронных ламп нельзя превышать максимально допускаемые значения токов, напряжений и мощностей, температуры и других эксплуатационных параметров (табл. 12-38—12-42).

Триоды

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры						
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	S, мА/В	μ	R_i, кОм
							Триоды
6С1П	0,15	250	—7	6,1	2,35	27,2	11,6
6С2Б	0,25	150	(100)	11,5	11	50	—
6С2П	0,4	150	(100)	14	11,5	48	—
6С3Б	0,15	250	(1500)	8,5	2,2	14	—
6С3П	0,30	150	(100)	16	19,5	50	—
6С4П	0,30	150	(100)	16	19,5	50	—
6С6Б	0,20	120	—2	9	5,0	25	5
6С7Б	0,20	250	—2	4,5	4,0	65	16,5
6С15П	0,44	150	(30)	40	45	52	1,24
6С19П	1,0	110	—7,0	95	7,5	—	0,42
6С27Б-К	0,2	250	(400)	4,5	4,2	70	—
6С28Б	0,3	90	(82)	11	17	40	—
6С29Б	0,31	90	(82)	11	17	40	—
6С31Б	0,22	50	0	40	18	17	—
6С32Б	0,165	200	(285)	3,5	3,5	100	—
6С34А	0,127	100	(120)	8,5	4,6	25	—
6С35А	0,127	200	(380)	3	4,0	70	—
6С40П	0,17	20 000	—[10,5 ÷ 17,5]	0,3	0,2	1000	—
6С46Н-В	0,5	42	—1	60	20	7	—
6С51Н-В	0,13	80	(130)	10	11	30	—
6С52Н-В	0,13	120	(130)	8	10	60	—
6С53Н	0,13	120	(68)	9	11	75	—
6С56П	1,0	110	—7,0	95	8,5	—	0,35
6С58П	0,3	150	(51)	27	36	64	—
6С59П	0,3	150	(51)	27	36	62	—
6С62Н	0,13	120	—	0,4	1,7	—	—

Таблица 12-38

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметроа				Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
R_c, МОм, не более	$U_{а.макс}$, В	$I_{а.макс}$ ($I_{к.макс}$), мА	$P_{а.макс}$, Вт	$C_{ах}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
—	275	—	1,8	1,8	1,4	1,7	19	49
1	250	40	2,5	9,0	6,0	0,25	10,3	43
0,25	165	25	2,5	6,6	4,8	0,24	19	58
0,75	300	12	2,5	3,7	5,4	3,2	10,2	40
1,0	160	35	3,0	7,4	1,7	2,2	22,5	56,5
1,0	160	35	3,0	13	4,2	0,17	22,5	56,5
1	250	14	1,4	3,95	4,4	1,42	10,2	36
1	300	7	1,45	4,2	4,3	1,0	10,2	30
0,15	150	52	7,8	13	2,1	5,0	22,5	60
0,5	350**	(140)	11*	8,0	4,0	10	22,5	72
1	300	7	1,45	4,2	4,3	1,0	10,2	36
0,1	120	(35)	1,3	6	3,1	3	10,2	48
1	120	35	2,4	12	5,4	0,35	10,2	48
1	100	60	2,5	5	1,5	4,8	10,2	44
2	250	(10)	1,5	3,5	1	1,2	10,2	31
1	200	15	1,1	2,6	3,2	1,6	7,2	41
1	300	7	0,9	2,8	3,3	1,7	7,2	41
1	20 000	(0,5)	6,0	2,5	0,5	0,05	22,5	76
0,25	250	100	4,5	6,0	1,8	7,5	13	51
1,0	350	15	1,2	5,0	2,8	2,4	11	20,3
—	330	15	1,2	5,0	2,8	1,0	11	20,3
1	330	(15)	1,5	4,2	1,5	0,07	11	20
0,5	350	—	7	2,5	1,5	17	22,5	76
—	330	(45)	5,7	7,5	1,15	2	22,5	56,5
—	330	(45)	5,7	12,3	2,5	0,26	22,5	56,5
10	250	(15)	1,2	3,5	3,1	1,6	11	50,3

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры						
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	S, мА/В	μ	R_i, кОм
							Двойные
6Н1П	0,60	250	(600)	7,5	4,5	35	11
6Н2П	0,34	250	—1,5	1,8	2,25	98	50
6Н3П	0,35	150	2,0 (240)	8,5	5,9	36	6,25
6Н4П	0,30	250	—4,0	3,0	1,75	41	21,6
6Н5П	0,60	200	(600)	9,75	4,2	27	—
6Н6П	0,75	120	—2,0	30	11	20	1,8
6Н12С	0,90	180	—7,0	23	6,4	17	—
6Н13С	2,5*	90	—30	80	5,5	—	0,46
6Н14П	0,35	90	—1,5	10,5	6,8	25	—
6Н15П	0,45	100	(50)	9	5,6	38	—
6Н16Б	0,4	100	(325)	6,3	5,0	25	—
6Н17Б	0,4	200	(325)	3,3	3,8	75	—
6Н18Б	0,33	100	(325)	6,3	5,0	23	—
6Н19П	0,65	150	(50)	14,5	13,5	70	—
6Н21Б	0,40	200	(330)	3,5	3,8	90	—
6Н23П	0,30	100	9,0	15	12,7	34	—
6Н24П	0,30	90	9,0	15	12,5	34	—
6Н27П	0,33	6,3	0	0,9	2,8	13	—
		12,6	0	2,5	4,9	15	—
		25	0	8,0	18,0	16	—
6Н31П	0,31	90	(91)	17	12	31	—

* При $U_а > 200$ В допускается $P_{а.макс} \leqslant 7$ Вт.
** При $P_а < 5$ Вт допускается $U_{а.макс} \leqslant 450$ В.
*** Первое значение $C_{вых}$ и $C_{прох}$ — для первого триода, второе — для второго; $I_{к.макс}$, $I_{а.макс}$ $P_{а.макс}$ относятся к каждому из двойных триодов.

Продолжение табл. 12-38

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров				Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
R_c, МОм, не более	$U_{а.макс}$, В	$I_{а.макс}$ ($I_{к.макс}$), мА	$P_{а.макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
триоды ***								
1	300	(25)	2,2	4,2	2,1; 2,3	2,7	22,5	57
0,5	300	(10)	1,0	2,7	3,0	0,7	22,5	57
1	300	(18)	1,5	3,0	1,6	1,6	22,5	60
1	300	(8)	1,0	1,9	1,75	1,6	22,5	58
1	300	(25)	2,2	3,8	2,2; 2,5	2,6	22,5	57
1	300	(45)	4,0	5,1	1,9; 2,1	3,5	22,5	72
—	300	(34)	4,2	—	—	—	33	85
1	250	(130)	13	8,0	3,0	10	52	140
1	300	—	1,5	5,7; 3,1	3,3; 1,4	0,25; 1,8	22,5	56,5
0,1	330	—	1,6	3,0	0,65; 0,55	1,8	19	57
1	200	(14)	0,9	3,4	3,2	2,0	10,2	41
1	250	(10)	0,9	3,8	2,2	2,1	10,2	41
1	200	(12)	0,9	3,4	1,9	2,0	10,2	41
—	200	(50)	2,0	4,3	1,5	4,0	22,5	60
2	250	(10)	1,0	3,5	0,85	1,4	10,2	40
1	300	(20)	1,8	4,5	2,45; 2,25	1,85	22,5	60
1	300	(20)	1,8	4,8; 7,6	2,4; 3,75	1,4; 0,35	22,5	57
1	} 30	} (20)	} 0,6	} 3,6	} 2,1; 2,4	} 1,6	} 22,5	} 56,5
1								
1	550	(22)	2	—	—	—	22,5	51

если приводится одно значение, значит оно относится к каждому из двойных триодов.

Пентоды и

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры							
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В	$U_{с1}$, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	$I_{с2}$, мА	S, мА/В	R_i, кОм
Пентоды с короткой								
6Ж1П	0,170	120	120	(200)	7,35	3,0	5,2	300
6Ж2П	0,17	120	120	(200)	6,0	5,0	4,5	130
6Ж3П	0,30	250	150	(200)	7,0	2,0	5,0	800
6Ж4П	0,30	250	150	(68)	11	4,5	5,7	200
6Ж5П	0,45	300	120	—2	10	3,5	9,0	240
6Ж9П	0,30	150	150	(80)	15	4,5	17,5	150
6Ж10П	0,30	200	100	(82)	6,5	5,5	10	100
6Ж11П	0,44	150	150	(50)	25	7,5	28	36
6Ж23П	0,44	150	150	(50)	13,5	6,0	15	36
6Ж32П	0,20	250	140	—2	3,0	0,8	2,0	2500
6Ж38П	0,19	150	100	(82)	12	3,5	10,6	360
6Ж40П	0,30	12,6	6,3	—	1,85	0,5	2,1	100
6Ж43П	0,48	150	150	(50)	29	6,5	29	36
6Ж49П-Д	0,30	150	150	(80)	15	2,45	17,5	100
6Ж50П	0,30	150	150	(43)	25	4,0	35	90
6Ж51П	0,3	200	200	(200)	8,0	3,5	15,5	
6Ж52П	0,33	100	150	(24)	41	8,0	55,0	—
6Ж53П	0,16	150	150	(68)	13,0	2,2	19	—
Пентоды перемен								
6К1П	0,15	250	100	—3	6,6	2,7	1,8	450
6К4П	0,30	250	100	(68)	10	5,5	4,4	850
6К4П-В	0,3	250	100	(68)	10	5,5	4,4	850
6К8П	0,30	12,6	3,2	—	0,9	0,25	1,1	190
	0,30	25	6,3	—	2,75	0,75	2,1	75
6К13П	0,30	200	90	(120)	12	4,5	12,5	500
Тет								
6Э5П	0,6	150	150	(30)	43	14	30,5	8
6Э5П-И	0,7	150	150	(30)	35	18	24	14
6Э6П-Е	0,6	150	150	(30)	44	10	30,5	15
6Э12Н	0,14	120	50	(68)	10	3,6	9,5	—
6Э13Н	0,14	27	27	(68)	7	3,6	8,5	—
6Э14Н	0,14	27	27	(68)	7	3,6	8,5	—

Таблица 12-39

тетроды

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров					Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
$I_{к.макс}$, мА	$U_{а.макс}$, В	$R_с$, МОм, не более	$P_{а.макс}$, Вт	$P_{с2 макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
характеристикой									
20	200	1,0	1,8	0,55	4,7	2,8	0,03	19,0	41
20	200	1,0	1,0	0,65	4,7	2,8	0,0035	19,0	41
20	330	0,1	2,5	0,55	7,4	1,9	0,005	19,0	53
20,5	300	0,47	3,5	0,9	7,2	7,2	0,0035	19,0	55
20	300	1,0	3,6	0,5	10	2,6	0,03	19,0	53
35	250	1,0	3,0	0,75	9,5	3,5	0,03	22,5	41
35	250	1,0	3,0	0,75	10	4,8	0,02	22,5	41
40	150	0,3	4,9	1,15	15,6	3,95	0,1	22,5	60
40	150	0,3	2,45	1,15	15,5	3,5	0,075	22,5	57
6	300	3	1,0	0,2	4,0	5,5	0,05	22,5	57
25	300	1	3,0	0,5	5,8	4,0	0,02	19,0	57
15	30	2,2	0,5	0,5	7,9	4,9	0,025	19,0	57
46	150	0,3	3,1	1,35	15,5	3,45	0,075	22,5	50
22	150	0,5	2,85	0,45	9,0	3,1	0,03	22,5	57
45	350	$(50+1800R_к)$ кОм	5,3	0,9	12,0	2,8	0,06	22,5	56,5
25	550	$(500+2500R_к)$ кОм	2,5	1,0	11,5	3,3	0,005	22,5	62
60	250	0,5	7,5	1,2	13,5	1,8	0,05	22,5	57
24	400	—	3,5	0,4	6,6	1,7	—	19,0	48
ной крутизны									
—	275	—	1,8	0,33	4,1	3,9	0,01	19,0	42
20	300	0,5	3,0	0,6	7,2	7,8	0,0045	19,0	48
20	300	0,5	3,0	0,6	6	6,3	0,0035	19,0	62
15	30	10	0,5	0,5	6,7	4,1	0,025	19,0	57
15	30	10	—	—					
20	550	1,0	2,5	0,65	11,7	3,9	0,006	22,5	62
роды									
100	250	0,5	8,3	2,3	17	2,8	0,065	22,5	72
100	250	0,5	—	2	17	2,8	0,075	22,5	57
70	250	0,5	8,25	2,1	17	6,8	0,075	22,5	67
20	330	1,0	2,2	0,2	7,0	1,5	0,017	11	25,3
15	300	1,0	2	0,2	7,0	1,9	0,025	11	25,8
15	300	1,0	2	0,2	7,0	1,9	0,025	11	25,8

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры							
	$I_н$, А	U_a, В	U_c, В	U_{c1}, В ($R_к$, Ом)	I_a, мА	I_{c2}, мА	S, мА/В	R_i, кОм
								Тетроды со
6В1П	0,4	250	250	(200)	26	3,5	28	—
6В2П	1,6	600	300	—25	2000[1]	—	300[1]	—
6В3С	0,85	700	400	—25	2000[1]	—	300[1]	—
								Выходные лучевые
6П7С	0,9	250	250	—14,5	45	72	5,9	32
6П13С[2]	1,3	200	200	—19	[220]	[120]	9,5	25
6П14П	0,76	250	250	(120)	48	5,0	11,3	30
6П15П	0,76	300	150	(75)	30	4,5	15	100
6П18П	0,76	180	180	(110)	53	8,0	11	22
6П20С[2]	2,5	175	175	—30	90	10	8,5	7,0
6П21С[3]	0,7	600	200	—16	36	1,5	4,0	—
6П23П[3]	0,75	300	200	—16	40	5,0	4,5	44
6П27С	1,5	250	265	—13,5	100	15	10	15
6П31С[2]	1,3	100	100	—9,0	80	8,5	12,5	4,0
6П33П	0,9	170	170	—12,5	70	6,5	10	25
6П36С[2]	2,0	100	100	—7,0	120	—	14	4,5
6П38П	0,45	150	150	0	50	8,0	65	30
6П39С	0,6	125	125	(51)	50	6,0	45	18
6П41С	1,1	190	190	(300)	66	2,7	8,4	12
6П42С[2]	2,1	75	150	—60	[700]	[120]	—	1,5
6П43П-Е	0,625	185	185	(340)	45	2,7	7,5	—
6П44С[2]	1,35	50	200	—10	100	37	—	—
6П45С[2]	2,5	50	175	—10	[800]	[150]	—	2,5
								Двойные лучевые
6Р3С-1	2,1	350	200	—22	47,5	—	—	—
		350	200	—100	47,5	—	—	—
6Р4П	0,84	180	180	[75]	30	7,0	21	—
	0,84	200	150	[130]	10	2,8	8,5	—
6Р5П	0,55	250	250	—9	24	4,5	6	—

Продолжение табл. 12-39

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров					Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
$I_{к. макс}$, мА	$U_{а. макс}$, В	R_c, МОм, не более	$P_{а. макс}$, Вт	$P_{с2 макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
вторичной эмиссией									
20	550	—	4,5	0,8	10,2	5,4	0,008	22,5	72
—	600	—	3	1	32	20	0,2	22,5	67
—	700	—	5	1,5	17	17	0,2	24,5	70
тетроды и пентоды									
100	500	1,0	200	3,0	11,5	6,0	0,7	53	146
[400]	450 [8000]	—	14	4,0	20	7,5	0,9	33	110
65	300[4]	1,0	14	2,2	13,5	10	0,4	22,5	78,5
90	330	1,0	12	1,5	15,5	8,5	0,07	22,5	78,5
75	250	1,0	12	2,5	11,5	6,0	0,2	22,5	78,5
200	450 [6000]	—	27	3,6	22,5	10	0,8	52	140
100	600	—	18	3,5	8,2	6,5	0,15	37	90
100	350	—	11	3,0	8,3	5,0	0,1	22,5	75
150	800	0,25	27,5	8,0	15	11	1,0	39	110
[600]	300 [7000]	—	107	4,5	218	10	1,3	34	103
100	250	1,0	12	1,75	12	7	1,0	22,5	80
250	250 [7000]	0,5[5]	12	5,0	36	21	1,0	40	115
90	200	$(25+1800R_к)$ кОм	10,5	1,8	25	4,4	0,75	22,5	67
75	400	—	7	1,5	18	4,0	0,11	30	71
100	400	—	14	3,0	23	10,5	5,5	30	95
310	250 [7000]	2,2	24	4,5	25	4,4	0,75	22,5	67
75	300 [2500]	2,2	12	2,0	1,3	9,0	0,7	22,5	78,5
250	250 [7000]	0,51	21	6,0	22	9,0	1,5	30,2	103
500	700 [8000]	2,2	35	5,5	55	20	1,5	46	12,4

тетроды и пентоды

—	250	600	—	20	7,0	16	8,0	0,3	40	100
—	—	—	—	—	—					
—	16	250	0,5	7,3	2,5	13	7,0	0,1	22,5	78,5
—	60	250	1,0	2,8	0,65	10	11	0,4	22,5	78,5
—	40	300	1,2	8,0	3,5	—	—	—	22,5	78,5

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры							
	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_с$, В	U_{c1}, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	I_{c2}, мА	S, мА/В	R_i, кОм
								Триод-
6Ф1П	0,42	100	—	—2	13	—	5	—
		170	170	—2	10	4,5	6,2	400
6Ф3П	0,81	170	—	1,5	2,5	—	2,5	—
		170	170	11,5	41	14	7	15
6Ф4П	0,72	200	—	(600)	3,0	—	4	—
		170	170	(100)	18	3,2	10,4	130
6Ф5П	0,93	100	—	(160)	5,2	—	7	—
		185	185	(340)	41	2,7	7,5	23
6Ф12П	0,33	150	150	— (68)	12,5	—	19	—
		150	150	—	13	2,2	19	—
9Ф8П	0,3	100	—	—2	14	—	5	—
		170	170	—2	10	4,5	6,2	400
15Ф4П	0,3	200	—	—	3	—	4	—
		200	200	—	18	3	10,4	110
16Ф3П	0,3	170	—	—1,5	2,5	—	2,5	—
		170	170	—11,5	41	14	7	15
18Ф5П	0,3	100	—	(160)	5'	—	5,5	—
		185	185	(340)	45	2,7	7,5	—

[1] В импульсе.
[2] Лампы для выходных каскадов строчной развертки телеаизороа. Для вих а квад вий иа аноде.
[3] Лампы для ВЧ каскадоа усиления мощности.
[4] При $P_а \leqslant 8$ Вт допустимо $U_{а.макс} = 400$ В.
[5] В схемах строчной разаертни допускается $R_{c1} = 2,2$ МОм.
[6] Прн автоматическом смещеиин.
[7] В пераых строчнах для каждой лампы приведены параметры триода, во вторых —

Частотопреобразова

Тип лампы	Номинальные электрнческне режимы в параметры						
	$I_н$, А	$U_а$, В	U_{c2+4}, В	U_{c1}, В ($R_к$, Ом)	$I_а$, мА	I_{c2+4}, мА	$S_{пр}$, мА/В, не мевее
1А2П	0,03	60	45	0	0,7	1,1	0,20
6А2П	0,3	250	100	—1,5	3,0	7	0,3
6А4П	0,44	200	100	—10	34	32	—
6И1П	0,3	100	—	—2	6,8	—	—
	0,3	250	100	—2	3,8	6,5	0,77

Примечания: 1. Для лампы 6А2П приаедены значения $I_а$ в режиме самовоз
2. Уназанные значения I_{c2+4} и $P_{c2+4\,макс}$ относятся к соединенным вместе второй и
3. Для лампы 6И1П в аерхней строчне указаны параметры триодной частн, а ниж
4. Входной сигнал подается на третью сетку ламп 1А2П, 6А2П и на пераую сетку

Продолжение табл. 12-39

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров						Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
$I_{к.макс}$, мА	$U_{а.макс}$, В	R_c, МОм, не более		$P_{а.макс}$, Вт	$P_{c2 макс}$, Вт	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
пентоды[7]										
20	14	250	0,5	1,5	—	3	0,5	1,8	22,5	60
—	14	250	1,0	2,5	0,7	5,5	3,4	0,025	22,5	60
75	15	250	3[6]	1	—	2,2	0,4	3,7	22,5	77
—						9,3	8,5	0,3	22,5	77
65	60	275	1[6]	8	2,5	4	0,6	2,7	22,5	72
—	12	250	1,0	1	—	8,7	4,0	0,1	22,5	72
70	40	250	1,0	4	1,7	3,5	0,25	1,8	22,5	79
—	15	250	3,3[6]	0,5	—	11,7	8,8	0,7	22,5	79
100	22	250	—	3,5	—	4	0,34	2,0	22,5	57
—	22	300	—	5	0,4	8,2	2,4	0,02	22,5	57
20	14	250	0,5	1,5	—	3	0,3	1,8	22,5	57
—	14	250	1,0	2,5	0,7	5,5	3,2	0,025	22,5	57
65	12	250	36	1	—	4,6	2,7	3,2	22,5	67
—	40	250	2[6]	4	1,7	10,4	5,0	0,1	22,5	67
75	15	250	3[6]	1	—	2,2	0,4	3,7	22,5	78,5
—	60	275	1[6]	8	2,5	9,3	8,5	0,3	22,5	78,5
50	15	250	3,3[6]	0,7	—	—	—	—	22,5	78,5
—	75	300	2,2[6]	9	2	—	—	—	22,5	78,5

ратных скобках указаны импульсные аначения токов и обратных импульсных напряже-

пентода.

Таблица 12-40

тельные лампы

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров					Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
$I_{к.макс}$, мА	$U_{а.макс}$, В	$R_{c1 макс}$, МОм, не более	$P_{а.макс}$, Вт	$P_{c2+4 макс}$, Вт	$C_{ах}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
3	90	1,0	0,3	—	5,1	6,3	0,6	19	50
14	330	—	1,1	1,1	7,5	10,5	0,35	19	57
20	250	0,5	2	0,5; 1,5	10,5	2,8	0,35	22,5	60
6,5	250	0,5	0,8	—	3,2	2,3	1,2	22,5	78
12,5	300	3	1,7	1,0	6,1	8,8	0,006		

буждения ее гетеродинной части при $R_{c1} = 22$ кОм и для лампы 1А2П при $R_{c1} = 51$ кОм.
четвертой сеткам.
ней — гептодной.
гептодной части лампы 6И1П.

Генераторные лампы и некоторые усили

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры						
	$U_н$, В	$I_н$, А	U_a, В	U_{c2}, В	U_{c1}, Ом	I_a, мА	S, мА/В, не менее
10Ж1Л	10,0	0,09	150	75	−2,1	2,35	1,65
6Р2П	6,3	0,6	200	200	−16	20	2,5
2П29Л	2,2	0,12	160	120	—	—	1,9
2С14Б	2,2	0,06	90	—	−3,0	3,6	1,8
4Ж1Л	4,2	0,23	150	75	−5,0	—	1,5
4П1Л	4,2	0,3	150	150	−12	—	6,0
6Н16Б	6,3	0,37	100	—	(325)	6,3	5,0
6Н18Б	6,3	0,33	100	—	—	6,3	5,0
ГУ-13	10,0	5,1	2000	400	—	50	—
ГУ-15	4,4	0,68	220	200	−14	50	4,7
ГУ-17	6,3	0,8	200	200	−10	20	2,45
ГУ-18	6,3	1,2	250	200	—	35	22
ГУ-19	6,3	2,0	350	250	−17	40	45
ГУ-29	6,3	2,25	250	175	−17	40	45
ГУ-32	6,3	1,60	350	250	−10	19	—
ГУ-42	6,3	2,0	600	250	−17	40	4,5
ГУ-50	12,6	0,70	800	250	−40	50	4,0
ГС-4В	6,3	0,47	200	—	—	30	18
ГС-6В	6,3	0,9	250	—	—	30	22
ГС-11	6,3	0,29	175	—	−0,75	10	9,0
ГС-13	6,3	0,49	250	—	−1,8	30	18
ГС-14	6,3	0,73	350	—	−2,2	30	20
ГУ-63	6,3	0,69	150	250	−16	—	2,8
ГУ-64	6,3	3,15	300	300		250	11,5
ГК-71 *	20,0	2,7	1500	400	−50	250	4,2
Генераторные триоды							
2С49Д	2,4	0,48	250	—	−1,0	20	6,0
6С13Д	6,3	0,78	300	—	(200)	21	5,2
6С17К-В	6,3	0,3	175	—	− [0,2 ÷ 1,3]	10	14
6С36К	6,3	0,32	250	—	− [0,2 ÷ 1,5]	10	12
6С44Д	6,3	0,33	250	—	−4,0	26	6,0
6С50Д	6,3	0,37	250	—	−4,0	22	6,0
6С53Н-В	6,3	0,13	120	—	(68)	9,0	12

* U_{c3} = 50 В; у остальных ламп с защитной сеткой последняя соединена с катодом
** Среднее значение (постоянная составляющая) анодного тока в импульсном режиме.
*** При наличии радиатора.

Таблица 12-41

тельные лампы в генераторном режиме

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров						Емкость, пФ, не более			Размеры, мм, не более	
$U_{а.макс}$, В	$I_{к.макс}$, мА	$P_{а.макс}$, Вт	$P_{с1 макс}$, Вт	$P_{с2 макс}$, Вт	$f_{пред}$, МГц	$C_{вх}$	$C_{вых}$	$C_{прох}$	D	h
300	11	2,0	—	0,7	200	3,7	4,0	0,007	30	69
350	300	6,5	0,25	3,0	300	4,5	2,0	0,1	22,5	69
—	20	2,0	—	0,7	120	4,3	5,5	0,6	32	61
250	5	0,75	—	—	—	2,1	2,8	2,0	10,2	50
—	7	2,0	—	0,7	200	4,0	4,2	0,07	32	69
—	50	7,5	—	1,5	100	8,5	9,4	1,0	32	75
350	14	0,2	0,1	—	440	2,7	1,7	1,5	10,2	41
200	—	0,9	0,1	22	440	2,6	1,4	1,4	10,2	43
2000	—	100	—	22	30	19,5	17,5	0,25	65	191
400	85	15	0,4	4,0	60	12	14,5	0,16	45,3	93,5
400	100	12	0,5	3,0	250	7,8	3,2	0,1	22,5	80
600	130	27	1,0	4,0	600	8,4	3,2	0,6	40	85
750	280	40	1,0	7,0	500	12	4,0	0,08	40	100
750	280	40	2,0	6,0	500	12	4,0	0,08	40	100
500	100	15	—	5,0	200	9,4	4,8	0,5	61	88
750	700	50	2,0	6,0	60	11	5,0	0,05	41	100
1000	230	40	1,0	5,0	120	15	10,3	0,1	45,3	93,5
350	65	15	0,4	—	5000	3,8	0,04	2,1	23,4	31,3
450	100	28	0,5	—	5000	5,5	2,4	0,06	25,5	37
175	10	1,5	0,1	—	4000	3,5	0,015	1,6	15,4	25,1
300	65	13	0,4	—	4000	3,8	0,04	2,1	23,4	31,3
400	100	88	0,5	—	4000	5,5	0,06	2,3	25,5	37
700	50	13	0,5	3,0	200	8,3	1,9	0,1	30,5	6,5
200	320	100	1,0	15	175	23	14	0,5	66	127
1500	—	125	—	25	20	22	24	0,15	68	195

диапазонов ДЦВ и СМВ

300	50**	4,0***	0,8	—	500	3,3	0,1	2,0	20,7	48,5
350	35	9,0	0,1	—	3600	3,1	0,03	1,6	21,7	48,0
200	11	2,0	0,1	—	6000	4,0	0,015	1,8	13,5	25,7
300	10	3,0	0,1	—	10300	3,6	0,02	2,4	15,4	28,7
300	80	8,0	—	—	3000	4,0	0,1	2,1	20,7	48,5
1500	—	8,0	0,5	—	—	4,5	0,12	2,3	15,0	48,5
120	15	1,2	—	—	—	5,0	2,0	0,05	11,0	25,8

Электронно-световые

Тип лампы	Номинальные электрические режимы и параметры								
	$U_н$, В	$I_н$, А	$U_а$, В	$U_{кр}$*, В	$U_с$, В	$I_а$, мА	$I_{кр}$*, мА	S, мА/В	μ
1Е4А-В	1,0	0,025	150	—	—0,25	1,5	—	—	—
6Е1П	6,3	0,3	100	250	—2,0	2,0	4,0	0,5	24
6Е2П	6,3	0,58	150	250	—4,0	1,55	2,5	1,4	30
6Е3П	6,3	0,23	250	250	0	0,35	—	—	—

* $U_{кр}$, $I_{кр}$ — напряжение и ток кратера.

Работа при напряжении накала на 5—10% выше номинального увеличивает вероятность перегорания и обрыва подогревателей в лампах с катодами косвенного накала и приводит к преждевременному выходу из строя ламп с катодами прямого накала. При напряжении накала на 10—15% ниже номинального уменьшаются токи электродов и крутизна характеристики, повышается интенсивность отравления катода остаточными газами.

Во избежание пробоя и короткого замыкания катода с подогревателем напряжение между ними должно быть малым. Не рекомендуется последовательное соединение подогревателей (нитей накала) ламп, так как это может привести к их перегреву, к короткому замыканию между катодом и подогревателем и к ухудшению параметров ламп.

Сопротивление резистора в цепи управляющей сетки не должно превышать указанного в таблице максимально допускаемого значения $R_с$ для данного типа лампы. При использовании ламп с большой крутизной необходимо применять автоматическое смещение. Превышение $U_{а.макс}$ может привести к междуэлектродному пробою, разрушению оксидного слоя катода, а превышение максимально допускаемых мощностей — к ухудшению вакуума и уменьшению эффективности катода.

Нельзя эксплуатировать лампы, когда одновременно достигаются два максимально допускаемых значения. Особенно опасны сочетания следующих режимов:

максимальное напряжение накала при малом токе катода или при наибольшем напряжении между катодом и подогревателем;

пониженное напряжение накала с большим током катода;

максимально допускаемая мощность, выделяемая на электродах, с большим сопротивлением в цепи управляющей сетки;

наибольшая температура баллона при наибольших напряжениях на электродах и малом токе катода;

наибольшая температура баллона с наибольшими мощностями, выделяемыми на электродах, и большим сопротивлением резистора в цепи управляющей сетки.

Приемно-усилительные и генераторные лампы малой и средней мощности устойчиво работают при температуре окружающей среды —60 ÷ +70° С и повышенной относительной влажности окружающего воздуха до 38% при 20° С.

Для ламп, требующих применения ламповых панелей, вертикальное положение следует предпочитать любому другому. Между местом пайки выводов сверхминиатюрных ламп и их баллоном нужно обеспечить теплоотвод, зажимая вывод плоскогубцами. Изгиб выводов разрешается делать не ближе 5 мм от стекла баллона. При пайке не следует пользоваться кислотосодержащими флюсами; лучшим флюсом является спиртовой раствор канифоли.

Таблица 12-42

индикаторы

Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров					Размеры, мм, не более	
$U_{\text{а.макс}}$, В	$U_{\text{кр.макс}}$, В	$U_{\text{кр.мин}}$, В	R_c, МОм, не более	$P_{\text{а.макс}}$, Вт	D	h
250	—	—	0,5	0,225	7,2	36
250	250	150	3,0	0,2	22,5	72,5
250	250	150	0,5	0,4	22,5	72
300	300	—	3,0	0,5	22,5	72

12-9. КИНЕСКОПЫ

Параметры кинескопов и их цоколевка

Условное обозначение кинескопа состоит из букв ЛК и цифр. Число в начале обозначения указывает диаметр или размер диагонали экрана кинескопа в сантиметрах, а буква в конце обозначения — характер свечения его экрана: Б — кинескоп с белым свечением, Ц — кинескоп для приемника цветного телевидения.

В табл. 12-43 $U_а$ — постоянное напряжение на аноде (на аквадаге), $U_у$, $U_ф$ — постоянные напряжения на ускоряющем и на фокусирующем электродах относительно катода; $U_{\text{м.зап}}$ — запирающее напряжение на модуляторе (отрицательное напряжение, при котором прекращается свечение экрана); $U_м$ — модулирующее напряжение; $I_{\text{л.макс}}$ — максимально допускаемый ток луча.

В табл. 12-44 приведены параметры экранов и цоколевка кинескопов.

Размер растра — часть экрана, на которой изображение получается без видимых искажений.

Разрешающая способность линий выражается максимальным количеством различимых глазом строк, укладывающихся на нормальной высоте кадра.

Яркость — сила света, испускаемого 1 м² экрана в направлении, перпендикулярном к его поверхности, кд/м².

Приняты следующие условные обозначения выводов электродов кинескопов: к — катод, м — модулятор, н — подогреватель, у — ускоряющий электрод электронного прожектора, ф — фокусирующий электрод, х — штырек отсутствует, «—» — свободный штырек.

Электродам электронных прожекторов цветного кинескопа присвоены дополнительные индексы: G — зеленый, B — синий, R — красный. Схемы расположения штырьков кинескопов приведены на рис. 12-40, 12-41.

Эксплуатация кинескопов

При эксплуатации кинескопов нельзя превышать максимально допускаемые значения питающих напряжений. Повышенное напряжение накала сокращает долговечность подогревателя и катода. При повышенном напряжении ускоряющего электрода уменьшается рабочая поверхность катода, увеличивается удельная эмиссия, усиливается бомбардировка поверхности катода положительными ионами остаточных газов, сокращается срок службы кинескопа.

При значительном повышении напряжений на электродах возникает паразитная эмиссия с электродов, вызывающая паразитное свечение экрана; возможен пробой между электродами.

Таблица 12-43

Параметры экранов и цоколевка кинескопов

Тип кинескопа	Размер растра, мм	Разрешающая способность линий	Яркость *, кд/м² (при токе луча, мкА, не более)	Угол отклонения луча, град.	Тип цоколя	Порядок соединения электродов со штырьками													
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6ЛК1Б	36×48	550	4000(150)	70	—	и	н	к	м	н	×	×	×	×	×	×	×	×	×
11ЛК1Б	67×84	600	—260(40)	55	РШ4	у	ф	к	м	н	н	м	×	×	×	×	×	×	×
16КЛ1Б	98×116	600	100	70	РШ4	у	ф	к	м	н	н	м	—	—	—	—	—	—	—
23ЛК9Б	135×180	600	150 (21)	90	РШ4	к	у	н	м	у	ф	×	×	×	×	×	×	×	×
23ЛК13Б	217×288	600	225 (100)	90	РШ20	м	к	н	н	м	у	ф	×	×	×	×	×	×	×
31ЛК3Б	250×320	600	150 (180)	110	РШ20	м	к	н	н	м	у	ф	×	×	×	×	×	×	×
35ЛК7Б	217×288	600	100 (100)	70	РШ5-1	н	м	×	ф	×	у	к	н	×	×	×	×	×	×
40ЛК4Ц	242×308	450	80 (660)	90	РШ31Б	н	к (*R*)	м (*R*)	у (*R*)	у (*G*)	к (*G*)	м (*G*)	×	ф	×	к (*B*)	м (*B*)	у (*B*)	н
40ЛК6Б	270×360	600	120 (150)	70	РШ45	н	м	у	ф	×	м	н	×	×	×	×	×	×	×
43ЛК11Б	297×375	600	100	110	—	×	к	н	н	м	a1	у	×	×	×	×	×	×	×
47ЛК2Б	305×385	600	100 (180)	110	РШ45	н	м	у	ф	—	м	к	н	×	×	×	×	×	×
47ЛК3Ц	290×370	450	60 (950)	90	РШ31Б	н	к (*R*)	м (*R*)	у (*R*)	у (*G*)	к (*G*)	м (*G*)	×	ф	×	к (*B*)	м (*B*)	у (*B*)	н
50ЛК1Б	385×470	600	140 (350)	110	РШ45	н	м	у	ф	×	м	к	н	×	×	×	×	×	×
53ЛК2Б	340×480	600	40 (18)	110	РШ9	н	м	×	×	×	ф	—	×	×	у	к	×	×	×
53ЛК6Б	382×484	600	40 (16)	110	РШ5-1	×	к	н	н	м	ф	у	×	×	×	×	×	×	×
59ЛК2Б	385×470	600	120 (350)	110	РШ45	н	м	у	ф	×	м	к	н	×	×	×	×	×	×
59ЛК3Б	385×489	600	120	110	РШ45	н	м	у	ф	×	м	к	н	×	×	×	×	×	×
59ЛК3Ц	380×480	600	90 (1000)	90	РШ10	н	к (*R*)	м (*R*	у (*R*)	у (*G*	к (*G*)	м (*G*)	×	ф	×	к (*B*)	м (*B*)	у (*B*)	н
61ЛК1Б	375×480	600	150 (350)	110	РШ45	н	м	у	ф	×	м	к	н	×	×	×	×	×	×
61ЛК3Ц	482×362	600	110(500)	90	РШ31Б	н	к (*R*)	м (*R*)	у (*R*)	у (*G*)	к (*G*)	м (*G*)	×	ф	×	к (*B*)	м (*B*)	у (*B*)	н
65ЛК1Б	416×530	600	200 (450)	110	РШ45	н	м	у	ф	×	м	к	н	×	×	×	×	×	×
67ЛК1Б	402×535	600	200 (450)	110	РШ45	н	м	у	ф	×	м	к	н	×	×	×	×	×	×

* В центре экрана.

Таблица 12-44

Параметры кинескопов

Тип кинескопа	Номинальный электрический режим *						Максимально допускаемые эксплуатационные значения параметров				Диаметр горловины, мм, не более	Размеры, мм, не более ***
	$I_н$, А	$U_а$, кВ	$U_ф$, В	$U_у$, В	$U^{**}_{м.зап}$, В	$U_м$, В	$U_{а.макс}$, кВ	$U_{ф.макс}$, В	$U_{у.макс}$, В	$I_{л.макс}$, мкА		
6ЛК1Б		25	—	—	95—35	55	27,5	—	—	200	21	65×97×262
11ЛК1Б	0,3	9	0—500	300	15—35	15	11	600	400	50	13	92×75×175
16ЛК1Б	0,3	9	0—450	300	10—40	15	11	600	400	60	13	⌀ 112×188
23ЛК9Б	0,065	9	0—250	300	25 ± 10	15	11	500	350	—	21	199×157×185
23ЛК13Б	0,065	11	0—300	100	45	25	13	500	140	150	21	207×167×210
31ЛК3Б	0,065	11	0—350	250	60—30	35	13	500	350	300	20,5	290×229×223
35ЛК7Б	0,6	12	—100 ÷ +425	300	30—90	25	15	1000	500	150	36,5	300×230×375
40ЛК4Ц	0,9	20	3300—4100	—	68—132	—	23	5000	—	700	38	378×308×395
40ЛК6Б	0,3	12	—100 ÷ +425	300	30—90	25	15	100	500	150	30,5	343×279×375
43ЛК11Б	0,6	14	0—400	300	30—80	25	16	1100	550	—	28,6	396×326×301
47ЛК2Б	0,3	16	0—400	400	30—80	32	20	1000	550	300	28,6	362×442×302
50ЛК1Б	0,3	16	0—400	400	30—80	32	20	1100	550	350	28,6	442×358×320
53ЛК2Б	0,6	16	—100 ÷ +425	300	30—90	30	18	1000	500	150	36,5	515×395×595
53ЛК6Б	0,6	16	—100 ÷ +425	300	30—80	30	18	1000	500	150	26,6	520×420×385
59ЛК2Б	0,3	16	0—400	400	30—80	44	20	1100	550	350	28,6	546×437×362
59ЛК3Б	0,3	16	0—400	400	30—80	44	18	1100	550	350	28,6	546×437×362
59ЛК3Ц	0,9	25	4500—5500	400	100—190	—	27,5	6000	1000	—	36,5	546×428×501
61ЛК1Б	0,3	16	0—400	400	40—77	44	20	1000	700	350	27,6	496×422×362
61ЛК3Ц	0,9	20	3000	200	110—190	75	27,5	6000	1000	1000	38	535×419×529
65ЛК1Б	0,3	20	0—400	400	40—90	5	23	1100	550	300	28,6	586×416×382
67ЛК1Б	0,3	15	0—400	400	40—90	55	23	1100	550	350	28,6	550×464×389

* Номинальное напряжение накала кинескопов 6ЛК1Б, 11ЛК1Б, 16ЛК1Б — 1,25 В, кинескопа 23ЛК9Б — 12 В и остальных — 6,3 В

** Отрицательные значения напряжений.

*** Для кинескопов с прямоугольным экраном три числа выражают ширину, высоту и длину соответственно, для кинескопов с круглым экраном первое число — диаметр, второе — длина

При перекале катода и прн повышениом напряженни ускоряющего электрода люмниофор разрушается под действнем бомбардировкн его отрицательными ионами (быстрее появляется ионное пятно). Недопустимы даже кратковремеиные импульсы напряженнй, превышающие максимально допускаемые значения, так как это может привестн к разрушению покрытня катода, подогревателя нлн вывода катода, а также ухудшению вакуума.

При иедокале кннескопа н большом катодиом токе возможны местные перегревы участков катода, приводящне к потере эмнссни. При пониженин напряжения ускоряющего электрода облегчается режим работы выходиой лампы строчной развертки, но значнтельно снижается яркость экраиа. Поэтому для обеспечения достаточиой яркостн приходнтся увелнчивать ток луча, что резко сокращает срок службы кинескопа. Напряженне между катодом и подогревателем с полярностью «минус» на катоде не должно превышать 125 В; обратиая полярность недопустима.

Нельзя подавать на модулятор трубки положительные по отиошению к катоду иапряжеиия, так как при этом увеличивается ток утечкн и уменьшается электрическая прочность промежутка катод — подогреватель.

12-10. ИОННЫЕ ПРИБОРЫ

Стабилитроны

Стабилнтроны тлеющего разряда (табл. 12-45, 12-46) прнменяют для стабнлнзацин напряжения на иагрузке, в качестве элемеитов связи УПТ, для повышения коэффнциеита усиления, в релаксационных генераторах, в реле временн н генераторах шумового напряжения.

Таблица 12-45

Порядок соеднинения электродов стабнлнтронов со штырькамн

Тип лампы	Схема расположения штырьков по рис. 12-40 или 12-42	Порядок соединения электродов со штырьками							
		1	2	3	4	5	6	7	8
СГ1П	РЩ4 (рнс. 12-40)	а	к	—	к	а	—	к	×
СГ2П	РШ4 (рис. 12-40)	а	к	—	к	а	—	к	×
СГ5Б	Без цоколя	к	а	к	×	×	×	×	×
СГ13П	РШ4 (рис. 12-40)	а	к	—	к	а	—	к	×
СГ15П-2	РШ4 (рис. 12-40)	а	к	—	к	а	—	к	×
СГ16П	РШ4 (рис. 12-40)	а	к	—	к	а	—	к	×
СГ17С *	Рнс. 12-42	а	к	×	×	×	×	×	×
СГ18С *	Рис. 12-42	а	к	×	×	×	×	×	×
СГ19С *	Рис. 12-42	а	к	×	×	×	×	×	×
СГ20Г	Без цоколя	к	а	к	×	×	×	×	×
СГ201С	РШ5 (рнс. 12-40)	—	к	а	—	а	а	к	к
СГ202Б	Без цоколя	к	а	к	×	×	×	×	×
СГ203К	Рис. 12-42	а	к	×	×	×	×	×	×
СГ204К	Рис. 12-42	а	к	к	×	×	×	×	×
СГ206А	Без цоколя	а	к	×	×	×	×	×	×
СГ301С-1	Рис. 12-42	к	а	к	×	×	×	×	×
СГ302С-1	Рнс. 12-42	к	а	к	×	×	×	×	×
СГ303С-1	Рнс. 12-42	к	а	к	×	×	×	×	×
СГ312А	Рнс. 12-42	а	к	×	×	×	×	×	×

* Вывод от вспомогательного анода на боковой стенке баллона.

Таблица 12-46

Стабилитроны

Тип лампы	$U_{в. разр}$, В	$U_{ст}$, В	$I_{ст. мин}$, мА	$I_{ст. макс}$, мА	$\Delta U_{ст}$, В	Размеры, мм, не более D	h
Стабилитроны тлеющего разряда							
СГ1П	175	143—155	5,0	30	3,5	19,0	35
СГ2П	150	104—112	5,0	30	2,5	19,0	35
СГ5Б	180	141—157	5,0	10	4,0	10,2	36
СГ13П	175	143—155	5,0	30	3,5	19	65
СГ15П-2	150	104—112	5,0	30	3,0	19	65
СГ16П	150	80—86	5,0	30	3,0	19	65
СГ17С	1350	850—950	10	60	50 *	50	195
СГ18С	1500	950—1050	10	60	55	50	195
СГ19С	1650	1050—1150	10	60	72	30	195
СГ20Г	135	85—91	4,0	15	2,5	12	85
СГ201С	150	86—92	4,0	15	2,5	33	64
СГ202Б	135	81—86	1,5	5	4,5	10	40
СГ203К	150	79—86	1,0	10	2,0	10	27
СГ204К	220	160—168,5	1,0	15	4,0	19	30
СГ205Б	135	81—84	9	11	0,5	10,2	85
Стабилитроны коронного разряда							
СГ206А	300	165—145	0,5	1,5	20	7,2	37
СГ301С-1	430	380—400	0,003	0,1	14	13	67
СГ302С-1	970	880—920	0,003	0,1	30	13	67
СГ303С-1	1320	1220—1280	0,01	0,1	30	13	67
СГ312А	430	380—400	0,003	0,05	7	6,5	65

* При изменении $I_{ст}$ в диапазоне 20—60 мА.

С т а б и л и т р о н ы к о р о н н о г о р а з р я д а используют в устройствах стабилизации напряжения при малом потреблении тока, например для стабилизации питающих напряжений электронно-лучевых трубок, фотоэлектронных умножителей и т. д.

Маркировка стабилитронов состоит из трех элементов: первый — буквы СГ (стабилитрон газовый); второй — число, указывающее порядковый номер прибора; третий — буква, характеризующая конструктивное оформление лампы.

Порядок соединения электродов стабилитронов со штырьками приведен в табл. 12-45, а схемы расположения штырьков — на рис. 12-40, 12-42.

Основные параметры стабилитронов (табл. 12-46).

Напряжение возникновения разряда $U_{в.разр}$ — минимальное напряжение между электродами, достаточное для начала электрического разряда в приборе. Оно несколько превышает напряжение стабилизации и определяет минимальное напряжение источника питания в схеме.

Напряжение стабилизации $U_{ст}$ — напряжение между анодом и катодом в диапазоне рабочих токов (значение напряжения, поддерживаемого стабилитроном).

Изменение напряжения стабилизации при изменении тока в рабочем диапазоне $\Delta U_{ст}$ — разность между наибольшим и наименьшим напряжениями стабилизации при изменении тока через стабилитрон от $I_{ст.мин}$ до $I_{ст.макс}$.

Максимальное и минимальное значения тока стабилизации (тока через стабилитрон) $I_{ст.макс}$, $I_{ст.мин}$ — значения тока, между которыми эффективность работы стабилитрона достаточна.

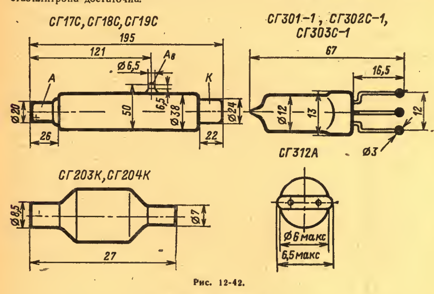


Рис. 12-42.

Эксплуатация стабилитронов

Для надежного возникновения разряда необходимо, чтобы напряжение источника питания составляло (1,2—1,3) $U_{в.р}$.

На электроды стабилитрона нельзя подавать переменное напряжение или напряжение обратной полярности (на анод — минус). Ток через стабилитрон должен быть в пределах указанного в таблице рабочего диапазона токов, причем рабочую точку желательно выбирать в середине этого диапазона.

Не следует включать стабилитроны параллельно, так как из-за разброса их параметров разряд может возникать только у одного стабилитрона и его ток может превысить максимально допускаемое значение.

Не рекомендуется включать конденсатор емкостью более 0,1 мкФ между анодом и катодом стабилитрона тлеющего разряда, так как это может привести к релаксационным колебаниям.

Чтобы предотвратить переход коронного разряда в тлеющий, следует включать между анодом и катодом стабилитрона коронного разряда конденсатор емкостью менее 0,1 мкФ.

Тиратроны тлеющего разряда

Тиратроны тлеющего разряда (ТТР) имеют ненакаленный катод, анод и одну или несколько сеток для управления моментом возникновения разряда. Они используются в устройствах автоматики и телемеханики, в счетно-решающих устройствах, измерительной и другой РЭА.

Обозначение тиратронов тлеющего разряда состоит из трех элементов: первый элемент — буквы ТХ (тиратрон с холодным катодом), второй элемент — цифра, обозначающая порядковый номер прибора, третий элемент — буква в конце обозначения, определяющая конструкцию баллона (см. табл. 12-47).

Таблица 12-47

Порядок соединения электродов тиратронов тлеющего разряда со штырьками

Тип лампы	Порядок соединения электродов со штырьками ***							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ТХ2*	—	к	—	п	—	к	к	×
ТХ3Б	а	с2	с1	к	×	×	×	×
ТХ4Б	а	с2	с1	к	×	×	×	×
ТХ5Б	а	с	к	×	×	×	×	×
ТХ6Г	а2	с1	с3	—	к	с4	с2	а1
ТХ7Г	а	с1	к	—	с2	с3	×	×
ТХ8Г	а	с3	к	—	с1	с2	×	×
ТХ9Г	а	с4	с3	к	—	с1	с2	×
ТХ11Г**	а	—	с2	к	×	×	×	×
ТХ12Г	а	с1	с0	к	с3	с2	×	×
ТХ13Г	а	—	к	с2	с1	×	×	×
ТХ16Б	а	с2	пк	с1	к	×	×	×
ТХ17А	а	с1	пк	с2	к	×	×	×
ТХ18А	а	с	к	×	×	×	×	×
ТХ19А	а	с	к	×	×	×	×	×
ТХИ1Г	а	с3	к	с1	с2	×	×	×
ТХИ2С	—	к	—	с2	—	с2	—	а
МТХ90	к	а	с	×	×	×	×	×

* Анод выведен к колпачку баллона.
** Управляющая сетка выведена к колпачку баллона.
*** Тиратрон ТХ2 имеет цоколь РШ4, тиратрон ТХИ2С — РШ5-1 (рис. 12-40). Остальные тиратроны бесцокольные.

ТТР могут находиться в двух устойчивых состояниях: непроводящем и проводящем — и в двух переходных. В непроводящем состоянии (ТТР заперт) анодный ток отсутствует и существует разряд между катодом и сеткой подготовительного разряда (исключение составляют выпрямительный и электрометрический тиратроны, работающие без подготовительного разряда). В проводящем состоянии (ТТР отперт) через тиратрон протекает анодный ток.

По способу управления переходом от непроводящего состояния к проводящему ТТР разделяют на тиратроны с токовым и электростатическим управлением.

В ТТР с электростатическим управлением (ТХ3Б, ТХ6Г, ТХ8Г, ТХ9Г, ТХ12Г, ТХ13Г) для создания подготовительного разряда используется первая сетка. В ее цепи протекает ток, определяемый последовательно включенным резистором и облегчающий возникновение разряда в анодной цепи. На вторую сетку подаются положительное напряжение, недостаточное для возникновения разряда, и управляющий положительный импульс достаточной амплитуды и длительности для отпирания тиратрона.

Отпирание ТТР с токовым управлением производится изменением сеточного тока: отпирающий импульс подается на ту же сетку, которая служит для создания подготовительного разряда (тиратроны ТХ4Б в триодном включении, ТХ5Б, ТХ11Г, МТХ90). Эти тиратроны имеют высокую чувствительность к импульсным входным сигналам.

Основные параметры ТТР (табл. 12-48).

Таблица 12-48

Тиратроны тлеющего разряда

Тип тиратрона	$U_{в. разр}$, В	$U_а$, В	$U_{с. к}$, В	$\tau_{зап}$, с	$U_{ах. мин}$, В	$\tau_{упр}$, мкс	$I_{подг}$, мкА	$t_{вос}$, мкс	$I_{а. макс}$, мА	$I_{а. ср}$, мА	$U_{а. макс}$, В	Размеры, мм, не более	
												D	h
МТХ90	120	65	85	—	25	10	3	≤800	4,0	2	200	12	42
ТХ2	425	125	—	—	—	—	—	—	100	12	—	19	51*
ТХ3Б	175	110	85	—	40	10	50	20—150	7	3,5	190	10,2	40*
ТХ4Б	180	120	90	1	10	10	10	10—100	7,0	3,5	225	10,2	40*
ТХ5Б	175	150	140	—	1,2	10	15	100—150	1,5	0,25	270	7,2	25*
ТХ6Г	285	140	130	10	120	10	50	80—100	2	1	300	13	50*
ТХ7Г	285	140	130	10	120	20	60—85	40—200	2,0	1,0	300	13	40*
ТХ8Г	285	140	130	10	100	10	100	50—200	400	8	300	13	40*
ТХ9Г	285	140	120	10	100	35	100	60—200	400	8,0	300	13	40*
ТХ11Г	200	125	—	7	35	—	—	—	10	—	230	13	60*
ТХ12Г	250	160	150	10	60	10	50	≤350	100	10	300	13	50*
ТХ13Г	180	120	105	1	50	3	50	≤5	5,0	1	220	13	40*
ТХ16Б	180	142	—	—	4,4	50	450	≤300	5	1,0	260	7,2	40*
ТХ17А	260	160	—	—	—0,5	—	600	≤200	5,0	1	260	8	46*
ТХ18А	175	62	82	—	10	—	5	≤400	—	0,5	2,25	7,7	38*
ТХ19А **	280 (60)	150	145	—	2,5	100	40	≤800	5,0	1	265 (53)	8,0	46*
ТХИ2С ***	180	140	150	—	—	200	—	—	200 000	50	300	33	72
ТХИ1Г ***	205	—	—	—	90	30	—	—	60 000	—	275	13	45*

* Без выводов. Длина выводов 35—40 мм.

** Для ТХ19А в скобках дано напряжение на первом аноде: здесь $U_{с. к}$ — напряжение между первой сеткой и подкатодом.

*** Даны импульсные характеристики.

Напряжение возникновения разряда (промежутка анод — катод) $U_{в.разр}$ — напряжеиие аиода, необходимое для возиикиовения тлеющего разряда.

Напряжение возникновения подготовительного разряда $U_{с.к}$ — напряжение сетки, необходимое для возиикновения тлеющего разряда в промежутке сетка — катод.

Время запаздывания возникновения подготовительного разряда $\tau_{зап}$ — время с момента подачн установлеиного иапряжеиия в цепь подготовительиого разряда до возиикиовения тлеющего разряда в промежутке сетка — катод.

Сеточный ток возникновения разряда $I_{подг}$ — ток в цепи управляющей сеткн, при котором возиикает разряд между аиодом и катодом (при заданиом иапряжении аиода).

Напряжение входного сигнала (импульс) — $U_{вх.мин}$ амплитуда импульса, иеобходимого для возиикновеиия тлеющего разряда в промежутке аиод — катод (прн устаиовлеиином режиме включеиня прибора).

Длительность входного импульса $\tau_{упр}$ — время, иеобходимое для возиикиовеиия самостоятельиого разряда в промежутке аиод — катод.

Время восстановления электрической прочности $t_{вос}$ — минимальиое время после прекращення тока анода, по истечении которого к тиратрону можио приложить аиодиое иапряжеиие, ие вызывающее возникиовения разряда в прнборе при отсутствии входных сигиалов.

Проводящее состояние ТТР характеризуется падеиием *напряжения между анодом и катодом при рабочем анодном токе* $U_а$, *падением напряжения между сеткой подготовительного разряда и катодом* $U_{с.к}$, *наибольшим значением анодного* $I_{а\,т\,макс}$ и среднего аиодиого тока $I_{а.ср}$.

Эксплуатация ТТР. Рекомендуется следующий порядок подачи питающих иапряжеиий: сиачала следует подать напряжеиия иа управляющие сетки, затем иа сетку подготовительиого разряда, а после этого аиодиое иапряжеиие. Гашеиие разряда в ТТР можио осуществить, снижая рабочее иапряженне между его анодом и катодом иже напряжеиия $U_а$. Во избежаиие случайиых зажигаиий ТТР иельзя даже кратковремеиио отключать источиик иапряжения смещеиия от управляющей сетки и понижать это иапряжеиие смещения иже величииы $U_{с.к}$, указаниой в табл. 12-48.

Если ТТР с электростатнческим управлением управляется импульсами через RC-цепочку, емкость ее коиденсатора должна быть настолько большой, чтобы амплитуда и длительность сигиала иа выходе цепочки были достаточиыми для возиикновення разряда в тиратроне и прн этом длительиость импульса должиа быть иастолько малой, чтобы к момеиту окоичання действия гасящего импульса иапряженне иа сетке ТТР успело восстановиться до величииы, близкой к иапряжеиию смещеиия.

Чтобы в процессе гашеиия в промежутке сетка — катод ие возиикли нмпульсы тока, способиые привести к ложиому зажиганию тиратроиа, следует умеиьшить емкость коиденсатора в сеточиой цепи либо включить последовательио с коиденсатором резистор.

Во нзбежаиие релаксациоиных колебаний, иаводок н помех следует умеиьшать емкости и индуктивности моитажа. В частности, ограиичительиый резистор в цепи сетки подготовительного разряда следует подключать непосредствеино к выводу сетки.

При кратковремениом включенин аппаратуры ие рекомеидуется снимать подготовительиый разряд н отключать напряжеиия смещеиий управляющих сеток и цепн подготовительного разряда. С целью повышеиия иадежиости работы тиратроиов после длительиого перерыва в работе рекомендуется производнть в теченне иесколькнх десятков секунд их треиировку в рабочем режиме.

Характерными призиаками иеисправности ТТР являются молочио-белый цвет газопоглотителя иа стенках баллоиа и отсутствие свечеиия катода тиратроиа при включеиииом иапряжеиии подготовнтельиого разряда.

Пайка выводов ТТР должиа производиться иа расстоянии не меиее 5 мм от места соедииеиия выводов с иожкой.

Индикаторы тлеющего разряда

Индикаторы тлеющего разряда применяют для преобразования электрического сигнала в световой, для визуального представления выходных данных устройств дискретного действия, в качестве указателей напряжения, в триггерных схемах, в схемах запоминания, причем некоторые из них можно использовать и для работы с транзисторными схемами (например, ИН-6). Индикаторы потребляют малые мощности, имеют малую инерционность, просты по конструкции. Яркость свечения, достаточная для целей индикации (десятки — сотни кандел), достигается обычно при токах, не превышающих нескольких миллиампер, рабочее напряжение составляет несколько десятков вольт.

Простейший ионный индикатор — неоновая лампа (рис. 12-43) состоит из баллона, наполненного неоном, с двумя впаянными в него электродами. Свечение прибора — оранжево-красное. Если между электродами лампы приложить напряжение, равное напряжению возникновения разряда $U_{в.\,разр}$, то происходит разряд и в цепи скачком возникает ток. Для ограничения тока через лампу последовательно с ней всегда включается ограничительный резистор R, не допускающий перехода тлеющего разряда в дуговой. Его сопротивление рассчитывают по формуле:

$$R=(U_{и.\,п}-U_{а})/I_{макс},$$

где $U_{и.\,п}$ — напряжение источника питания; $U_а$ — напряжение между электродами лампы; $I_{макс}$ — максимально допускаемый ток через лампу.

Неоновые лампы обозначаются следующим образом. Первый элемент обозначения две буквы — Т (тлеющего разряда), (Н — неоновая). Первое число после букв соответствует наибольшему значению тока в миллиамперах, последующая цифра (через дефис) — порядковому номеру разработки.

Встречаются ранее принятые обозначения, не соответствующие современным: М — миниатюрная; ТМ — точечная модуляторная; ВМ — волномерная; И — индикаторная; В — для вольтоскопов; УВ — указатель высокого напряжения. Цифры соответствуют порядковому номеру разработки.

Работу неоновой лампы определяют параметры: $U_{в.\,разр}$ — *напряжение возникновения разряда*; $I_{раб}$ — *рабочий ток* (см. табл. 12-49).

Таблица 12-49

Неоновые лампы

Тип лампы	$U_{в.\,разр}$, В, не более	$I_{раб}$, мА, не более	Размеры, мм, не более		Тип лампы	$U_{в.\,разр}$, В, не более	$I_{раб}$, мА, не более	Размеры, мм, не более	
			D	h				D	h
ТН-0,95	80	1,0	15,5	44,0	ТН-0,9	200	0,9	15,5	45,0
ТН-30	82	30	56,0	94,0	ТМН-2	200	15	30,5	77,0
ТН-30-3	82	30	56,0	94,0	ТНУВ	550	—	10,2	72,0
ТН-0,2-2	85	0,25	9,5	34,5	МН-4	30	2,0	16,0	37,0
ТН-0,2-1	85	0,25	9,5	34,5	МН-3	65	1,0	15,0	44,0
ТН-0,5	90	0,5	15,5	45,0	МН-11	85	5,0	14,5	42,0
ТН-30-2М	105	30	56,0	94,0	МН-7	87	2,0	15,0	40,0
ТН-0,8	110	0,8	8,0	32,0	МН-6	90	0,8	6,8	28,0
ТН-0,25	120	0,25	9,5	34,5	МН-15	235	0,45	9,5	38,0
ТН-1	140	1,0	13,7	26,0	ВМН-1	126	—	7,0	37,0
ТН-0,15	150	0,15	3,0	20,0	ВМН-2	160	2,0	10,2	51,0
ТН-0,3	150	0,3	9,5	34,5	ВН-1	—	—	4,5	44,0
ТН-20	150	20	56,0	94,0	ВН-2	—	—	4,5	44,0
ТН-0,31	170	0,3	9,5	34,5					

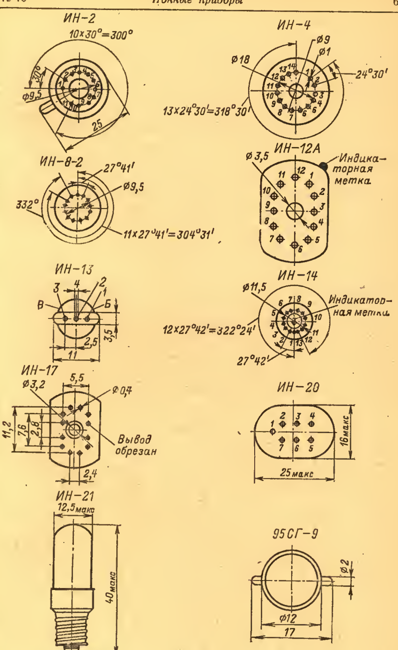

ИН-2
10×30°=300°
30°
φ9,5
25
ИН-4
φ9
φ1
φ18
24°30′
13×24°30′=318°30′
ИН-8-2
27°41′
φ9,5
332°
11×27°41′=304°31′
ИН-12А
φ3,5
Индикаторная метка
ИН-13
В
Б
2,5
3,5
11
ИН-14
φ11,5
Индикаторная метка
12×27°42′=322°24′
27°42′
ИН-17
5,5
φ3,2
φ0,4
11,2
7,6
2,8
Вывод обрезан
2,4
ИН-20
16макс
25макс
ИН-21
12,5макс
40макс
95СГ-9
φ2
φ12
17

Рис. 12-43.

Таблица 12-50

Порядок соединения электродов знаковых индикаторных ламп с выводами

Тип лампы	Цоколь	Порядок соединения электродов с выводами													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ИН-1	РШ19 (рис. 12-40)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	а	×	×	×
ИН-2	Рис. 12-43	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	а	×	×	×
ИН-3	Без цоколя	а	к	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ИН-3А	» »	а—к	а—к	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ИН-4	Рис. 12-43	4	6	8	—	9	7	—	0	2	а2	3	5	а1	1
ИН-5А	РШ4 (рис. 12-40)	«Z»	«A»	«X»	а	«O»	—	«x»	×	×	×	×	×	×	×
ИН-5Б	РШ4 (рис. 12-40)	«S»	«B»	«Y»	а	«O»	—	«y»	×	×	×	×	×	×	×
ИН-6	Без цоколя	а	ик	ак	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ИН-7	РШ31 (рис. 12-41)	«n»	а	—	«+»	«m»	«A»	«V»	—	«M»	—	«Ω»	S	«K»	«←→»
ИН-7А	РШ31 (рис. 12-41)	«M»	а	—	«+»	«m»	«%»	—	—	«μ»	—	«←→»	«K»	«П»	—
ИН-7Б	РШ31 (рис. 12-41)	—	а	—	«S»	«Hz»	—	—	—	«V»	—	—	«Ω»	—	—
ИН-8	РШ27 (рис. 12-41)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	а	×	×	×
ИН-8-2	Рис. 12-43	1	2	3	—	4	5	6	7	зпт	8	9	0	а	×
ИН-12А	РШ31А (рис. 12-43)	а	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	×	×	×
ИН-12Б	РШ31А (рис. 12-43)	а	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	зпт	×	×
ИН-13	Рис. 12-43	а	ик	ак	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ИН-14	Рис. 12-43	а	зпт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	зпт	×
ИН-15А	РШ31А (рис. 12-41)	а	«μ»	«P»	«←→»	«+»	«m»	«M»	«K»	«П»	«%»	«n»	×	×	×
ИН-15Б	РШ31А (рис. 12-41)	а	«W»	«F»	—	Hz	«H»	«V»	«S»	—	«Ω»	A	×	×	×
ИН-16	Рис. 12-43	а	1	7	3	зпт	4	5	6	2	зпт	8	9	0	×
ИН-17	Рис. 12-43	а	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	×	×	×
ИН-18	Без цоколя	7	8	9	а	0	1	а	2	3	—	4	5	а	6
ИН-19А	Без цоколя	а	—	«n»	—	«K»	«μ»	«°C»	«%»	«M»	«P»	—	«m»	—	×
ИН-19Б	Без цоколя	а	—	«H»	—	«A»	«Ω»	«Hz»	«S»	«F»	«T»	—	«V»	—	×
ИН-19В	Без цоколя	а	—	«←→»	—	«A/B»	«∾»	«П»	«%»	«dB»	«+»	—	«<»	—	×
ИН-20	Рис. 12-43	э	ап	а3	а2	а1	а0	к	×	×	×	×	×	×	×
ИНС-1	—	а	к	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
ИВ-1	Без цоколя	к	—	—	—	—	—	с	к	—	—	—	—	тчк	—
ИФ-1	РШ23 (рис. 12-41)	—	×	×	э	—	—	×	э	×	×	×	×	×	×
ТНИ-1,5Д	Без цоколя	а	к	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
95СГ-9	Рис. 12-43	а	к	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

Примечание: вк — вспомогательный катод; ик — индикаторный катод; зпт — запятая; тчк — точка; ап — анод последний.

Таблица 12-51

Параметры знаковых индикаторных ламп

Тип прибора	Индуцируемые знаки	$U_{и.п}$, В	$U_{в.разр}$, В	$I_{раб}$, мА	Размеры, мм, не более	
					h	D
ИН-1	0; 1; 2; ...; 9	200	200	2,5—3,0	66	30,5
ИН-2	0; 1; 2; ...; 9	200	200	1,5—2,0	35,5	17
ИН-3	—	200	85	0,2	27	7,3
ИН-3А	—	—	190	≤2	32	8
ИН-4	0; 1; 2; ...; 9	200	170	2,5—3,0	46	31
ИН-5А	X; x; a; O; Z	200	200	1,5	35	19
ИН-5Б	B; O; *Y*; y; S	200	200	1,5	35	19
ИН-6	—	200	140	1	37	10
ИН-7	+; —; ∞; K; M; V; n; Ω; m; A	180	170	4,0	46	31
ИН-7А	+; —; П; K; M; %; μ; m	200	170	≤4	46	31
ИН-7Б	S; Hz; V; Ω	200	170	4	46	31
ИН-8	0; 1; 2; ...; 9	200	170	2,5—3,5	55	17
ИН-8-2	0; 1; 2; ...; 9 и запятая	200	170	0,3—3,5	55	17
ИН-12А	0; 1; 2; ...; 9	200	170	2,5—3	35	31×21
ИН-12Б	0; 1; 2; ...; 9 и запятая	200	170	2,5—3	35	31×21
ИН-13	—	—	170	0,3—0,5	160	10
ИН-14	0; 1; 2; ...; 9 и две запятые	200	170	0,3—4,3	54,5	19
ИН-15А	μ; P; —; +; m; K; M; П; %; n	200	170	2,5—3,0	28	21×31
ИН-15Б	W; F; Hz; H; V; S; Ω; A	200	170	0,3—0,5	28	21×31
ИН-16	0; 1; 2; ...; 9 и две запятые	—	170	2,5—3,5	41,5	12,5
ИН-17	0; 1; 2; ...; 9	200	170	1,5	20	14×22
ИН-18	0; 1; 2; ...; 9	200	170	6—8	75	30
ИН-19А	K; μ; °C; %; M; P; m, n	200	170	2,5	52	18
ИН-19Б	H; A; Ω; z; S; F; T; V	200	170	≤2,5	52	18
ИН-19В	—; +; A/B; %; ∞; П; dB; <	200	170	2,5	52	18
ИН-20	—	400	400	1,5—2,4	190	16
ИН-21	—	110	110	0,5—1	40	12,5
ИНС-1	—	—	65—95	0,5—1	30	7,2
95СГ-9	—	—	95	3	38	12
ИВ-1	Точка, тире		20—25	40—50	36	10,75
ИФ-1	—	198—242	—	2	40	29
ТНИ-1,5Д	—	160	150	1	33	10,7

Выпускаются индикаторные приборы, в которых представление светового сигнала осуществляется в знаковой форме в виде цифровых, буквенных или каких-либо других символов (порядок соединения электродов знаковых индикаторов с выводами приведен в табл. 12-50).

В многокатодных индикаторах серии ИН анод изготавливается в виде сетчатого диска, а катоды имеют вид цифр, букв или других знаков, расположенных друг за другом. При подаче отрицательного импульса на выбранный катод возникает тлеющий разряд между анодом и этим катодом. Если подать теперь импульс на другой катод, а с предыдущего снять, то свечение возникает на новом катоде.

При эксплуатации знаковых индикаторов рабочий ток не должен выходить за пределы, указанные в справочнике. Для нормальной работы этих приборов необходимо создать начальную ионизацию, снижающую время запаздывания возникновения разряда. Она обычно создается внешним освещением. В темноте время запаздывания доходит до 1 с. Параметры знаковых индикаторов приведены в табл. 12-51.

Напряжение возникновения разряда $U_{в.разр}$ — минимальное напряжение между анодом и катодом, при котором возникает тлеющий разряд. Поскольку в анодную цепь индикаторов всегда включается ограничительный резистор, то напряжение источника анодного питания должно несколько превышать напряжение возникновения разряда.

Рабочий ток $I_{раб}$ — ток в цепи анода прибора.

12-11. МИНИАТЮРНЫЕ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ

Миниатюрные лампы накаливания применяют для освещения шкал электроизмерительных и радиотехнических приборов, сигнализации, в различных пультах управления, оптических устройствах и приборах и т. д. (рис. 12-44). Специальные лампы накаливания имеют стабильные световые и электрические параметры,

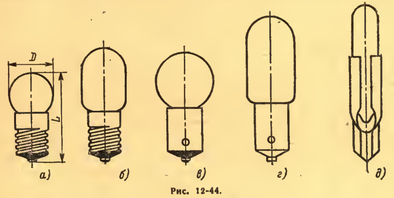


Рис. 12-44.

к ним предъявляются такие требования, как вибростойкость и ударопрочность, тепло- и холодоустойчивость.

В табл. 12-52 приведены номинальные значения параметров: *номинальное напряжение* $U_{ном}$, *номинальный ток* $I_{ном}$, *номинальная мощность* $P_{ном}$ и *номинальный световой поток* $\Phi_{ном}$, т. е. такие значения параметров, при которых лампы должны нормально работать.

Номинальная мощность $P_{ном}$ — количество электрической энергии, потребляемое лампой в единицу времени.

Номинальный световой поток $\Phi_{ном}$ — мощность светового излучения.

В первой графе в скобках указаны прежние обозначения ламп.

Таблица 12-54

Выпрямительные диоды средней мощности

Тип диода	$U_{обр. и. макс}$, В	$I_{вп. ср. макс}$, А	$U_{пр. ср}$ (при $I_{вп. ср}$, А), В не более	$I_{обр. ср}$ (при $U_{обр. макс}$, $t_{окр}$ = 25 °С), мА, не более	$I_{обр. ср}$, мА, не более (при $U_{обр. макс}$, $t_{окр}$, °С)	$I_{пр. и. макс}$, А	$f_{макс}$, кГц
КД202А	50	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (50; 120)	9,0	1,2
КД202Б	50	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (50; 120)	9,0	1,2
КД202В	100	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (100; 120)	9,0	1,2
КД202Г	100	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (100; 120)	9,0	1,2
КД202Д	200	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (200; 120)	9,0	1,2
КД202Е	200	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (200; 120)	9,0	1,2
КД202Ж	300	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (300; 120)	9,0	1,2
КД202И	300	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (300; 120)	9,0	1,2
КД202К	400	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (400; 120)	9,0	1,2
КД202Л	400	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (400; 120)	9,0	1,2
КД202М	500	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (500; 120)	9,0	1,2
КД202Н	500	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (500; 120)	9,0	1,2
КД202Р	600	5,0	0,9 (3,5)	0,8	0,8 (600; 120)	9,0	1,2
КД202С	600	3,5	0,9 (5)	0,8	0,8 (600; 120)	9,0	1,2
КД203А	600	10	1,0 (10)	1,5	1,5 (600; 100)	30	1,0
КД203Б	800	10	1,0 (10)	1,5	1,5 (800; 100)	30	1,0
КД203В	800	10	1,0 (10)	1,5	1,5 (800; 100)	30	1,0
КД203Г	1000	10	1,0 (10)	1,5	1,5 (1000; 100)	30	1,0
КД203Д	1000	10	1,0 (10)	1,5	1,5 (1000; 100)	30	1,0
КД204А	400	0,3	1,4 (0,6)	0,15	2 (400; 85)	—	50
КД204Б	200	0,35	1,4 (0,6)	0,1	1 (200; 85)	—	1,0
КД204В	50	0,6	1,4 (0,6)	0,05	0,5 (500; 85)	—	50
КД205А	500	0,5	1 (0,5)	0,1	0,2 (500; 85)	—	50
КД205Б	400	0,5	1 (0,5)	0,1	0,2 (400; 85)	—	1,0
КД205В	300	0,5	1 (0,5)	0,1	0,2 (300; 85)	—	50
КД205Г	200	0,5	1 (0,5)	0,1	0,2 (200; 85)	—	5—15
КД205Д	100	0,5	1 (0,5)	0,1	0,2 (100; 85)	—	5—15
КД205Е	500	0,3	1 (0,3)	0,1	0,2 (500; 85)	—	5—15
КД205Ж	600	0,5	1 (0,3)	0,1	0,2 (600; 85)	—	5—15
КД205И	700	0,3	1 (0,3)	0,1	0,2 (700; 85)	—	5—15
КД205К	100	0,7	1 (0,3)	0,1	0,2 (100; 85)	—	5—15
КД205Л	200	0,7	1 (0,3)	0,1	0,2 (200; 85)	—	5—15
КД206А	400	10	1,2 (10)	0,7	1,5 (400; 125)	—	1,0
КД206Б	500	10	1,2 (10)	0,7	1,5 (500; 125)	—	1,0
КД206В	600	10	1,2 (10)	0,7	1,5 (600; 125)	—	1,0
КД208А	100	1,5	1,0 (1)	0,1	1,0 (100; 85)	—	1,0
КД209А	400	0,7	1 (0,7)	0,1	0,3 (400; 85)	15	1,0
КД209Б	600	0,7	1 (0,7)	0,1	0,3 (600; 85)	15	1,0
КД209В	800	0,5	1 (0,5)	0,1	0,3 (800; 85)	15	1,0

Примечания: 1. Значение параметра $I_{пр. и. макс}$ дано при $\tau_и = 1{,}5$ мкс для КД202А — КД202Р и КД203А — КД203Г.

2. Максимальный прямой импульсный ток 15А при $\tau_и = 0{,}02$ мкс для КД209А — КД209В.

Средний обратный ток $I_{обр.ср}$ — средний за период обратный ток. Измеряется при максимальном обратном напряжении. При повышении температуры на каждые 10° С обратный ток германиевых диодов увеличивается в 1,5—2 раза, кремниевых — до 2,5 раз.

Максимально допускаемое обратное напряжение $U_{обр.и.макс}$ — наибольшее постоянное или импульсное обратное напряжение, при котором диод может длительно и надежно работать.

Максимально допускаемый выпрямленный ток $I_{вп.ср.макс}$ — средний за период ток через диод (постоянная составляющая), при котором обеспечивается его надежная, длительная работа. Если на входе сглаживающего фильтра стоит конденсатор, то в момент включения выпрямителя в сеть через диод проходят значительные импульсы тока, пока этот конденсатор заряжается. По этой причине для выпрямительных диодов, блоков и столбов, как правило, дается максимальное

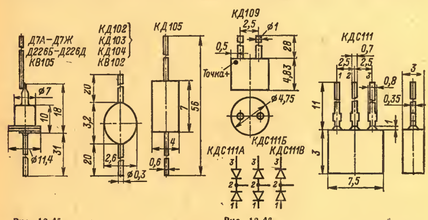


Рис. 12-45. Рис. 12-46.

значение перегрузочного тока $I_{пр.и.макс}$, действующего в течение переходных процессов после включения выпрямителя (несколько миллисекунд).

Превышение $U_{обр.и.макс}$ и $I_{вп.ср.макс}$ ведет к резкому сокращению срока службы или повреждению (пробою) диода.

Максимальная частота $f_{макс}$ — наибольшая частота подводимого напряжения, при которой выпрямитель на данном диоде работает достаточно эффективно, а нагрев самого диода не превышает допустимую величину.

Диоды, имеющие корпус с винтом, необходимо крепить на теплоотводящих радиаторах (например, металлических пластинах). На рис. 12-48 дана зависимость площади радиатора-пластины от мощности, которая рассеивается в диоде. Мощность, рассеиваемая в выпрямительном диоде,

$$P = U_{пр.ср} I_{вп.ср},$$

где $I_{вп.ср}$ — выпрямленный диодом ток.

Рассчитанные по графику радиаторы обеспечивают перепад температуры между металлическим корпусом полупроводникового прибора и окружающей средой, составляющий 25° С. Следовательно, германиевые приборы с такими радиаторами могут работать при температуре окружающей среды до 50° С, а кремниевые — до 100° С. Указанный график пригоден для расчета радиатора для транзистора. В этом случае за исходную берется мощность, рассеиваемая на коллекторе транзистора.

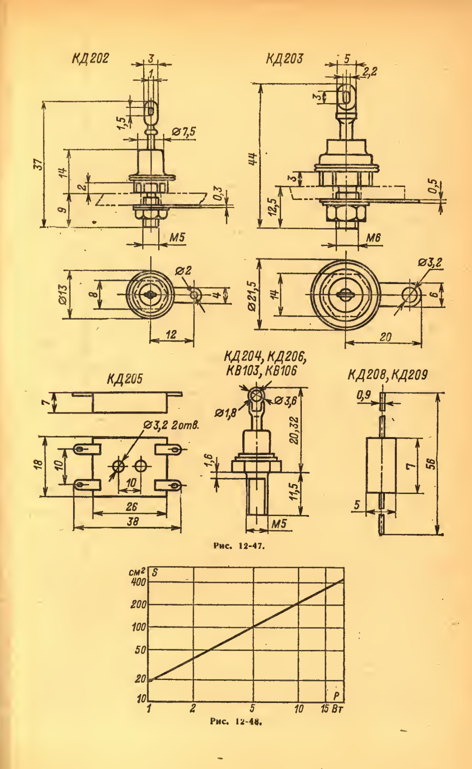


Рис. 12-47.

Рис. 12-48.

Выпрямительные блоки и столбы

Свойства выпрямительных блоков и столбов определяются такими же параметрами, как и отдельного диода (табл. 12-55—12-58, рис. 12-49—12-52). Для блока, содержащего несколько плеч, даются параметры: $I_{\text{вп.ср.макс}}$ $U_{\text{обр.и.макс}}$, $U_{\text{пр.ср}}$, $I_{\text{обр.ср}}$ для каждого плеча. Для блока по однофазной мостовой схеме, кроме того, даются следующие параметры.

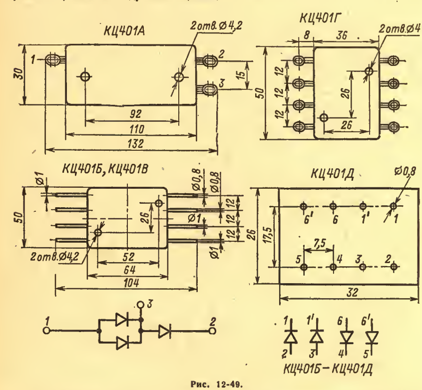


Рис. 12-49.

Ток холостого хода $I_{\text{х.х}}$ — среднее значение (постоянная составляющая) тока на входе моста, работающего без нагрузки.

Напряжение короткого замыкания $U_{\text{к.з}}$ — среднее значение (постоянная составляющая) напряжения на входе короткозамкнутого по выходу моста при протекании на выходе максимально допускаемого выпрямленного тока.

Параметры $I_{\text{х.х}}$ и $U_{\text{к.з}}$ характеризуют симметрию моста; чем больше $I_{\text{х.х}}$ и $U_{\text{к.з}}$, тем больше нагрузка со стороны моста на трансформатор питания и больше пульсации на выходе выпрямителя.

Высокочастотные (универсальные) и импульсные диоды

Высокочастотные (универсальные) диоды используют для выпрямления токов, модуляции и детектирования сигналов с частотой до нескольких сотен мегагерц.

Импульсные диоды используют в качестве ключевых элементов при импульсах микросекундной и наносекундной длительности.

Таблица 12-55

Выпрямительные блоки малой мощности

Тип прибора	Схема соединения	$U_{обр. и. макс}$, В	$I_{вп. ср. макс}$, А	$U_{пр. ср}$, В, не более	$I_{обр}$ при $U_{обр. макс}$ ($t_{окр}$ °С), мкА, не более	$I_{обр}$ (при $U_{обр. макс}$, $t_{окр}$ 25 °С), мкА, не более
КЦ401А	«Удвоитель» напряжения	500*	0,4	2,5	300 (85)	50
КЦ401Б	Мост	500	0,25	2,5	100 (60)	100
	«Удвоитель» напряжения	500*	0,2	2,5	100 (60)	100
КЦ401В	Мост	400	0,25	2,5	100 (60)	100
	«Удвоитель» напряжения	400*	0,2	2,5	100 (60)	100
КЦ401Г	Мост	500	0,5	2,5	300 (85)	50
	«Удвоитель» напряжения	500*	0,5	2,5	300 (85)	50
КЦ401Д	Мост	500	0,4	2,5	300 (85)	50
	«Удвоитель» напряжения	500*	0,4	2,5	300 (85)	50

* Значения напряжения для одного плеча выпрямителя по схеме с удвоением напряжения.

Таблица 12-56

Выпрямительные блоки средней мощности

Тип прибора	$U_{обр. и. макс}$, В	$I_{вп. ср. макс}$, А	$I_{х. х}$ (при $U_{обр. макс}$), мкА, не более	$U_{к. з}$ (при $I_{вп. макс}$), В, не более
		Однофазный мост		
КЦ402А	600	1,0	125	4
КЦ402Б	500	1,0	125	4
КЦ402В	400	1,0	125	4
КЦ402Г	300	1,0	125	4
КЦ402Д	200	1,0	125	4
КЦ402Е	100	1,0	125	4
КЦ402Ж	600	0,6	125	4
КЦ402И	500	0,6	125	4
		Два электрически не соединенных между собой однофазных моста		
КЦ403А	600	1,0	125	4
КЦ403Б	500	1,0	125	4
КЦ403В	400	1,0	125	4
КЦ403Г	300	1,0	125	4
КЦ403Д	200	1,0	125	4
КЦ403Е	100	1,0	125	4
КЦ403Ж	600	0,6	125	4
КЦ403И	500	0,6	125	4

Продолжение табл. 12-56

Тип прибора	$U_{обр.\ и.\ макс}$, В	$I_{вп.\ ср.\ макс}$, А	$I_{х.\ х}$ (при $U_{обр.\ макс}$), мкА, не более	$U_{к.\ з}$ (при $I_{вп.\ макс}$), В, не более
Два электрически не соединенных между собой однофазных моста с держателями предохранителей типа ПМ				
КЦ404А	600	1,0	125	4
КЦ404Б	500	1,0	125	4
КЦ404В	400	1,0	125	4
КЦ404Г	300	1,0	125	4
КЦ404Д	200	1,0	125	4
КЦ404Е	100	1,0	125	4
КЦ404Ж	600	1,0	125	4
КЦ404И	500	0,6	125	4
Однофазный мост				
КЦ405А	600	1,0	125	4,0
КЦ405Б	500	1,0	125	4
КЦ405В	400	1,0	125	4
КЦ405Г	300	1,0	125	4
КЦ405Д	200	1,0	125	4
КЦ405Е	100	1,0	125	4
КЦ405Ж	600	0,6	125	4
КЦ405И	500	0,6	125	4,0
Однофазный мост				
КЦ407А	300	0,5	5	2,5

Примечания: 1. Максимальная частота подводимого переменного напряжения: 20 кГц для КЦ407А, 15 кГц для блоков остальных типов.
2. $U_{к.\ з}$ дано при $I_{к.\ з} = 200$ мА.

Таблица 12-57

Выпрямительные высоковольтные кремниевые столбы

Тип прибора	$U_{обр.\ макс}$, кВ	$I_{вп.\ ср.\ макс}$, А	$U_{пр.\ ср}$, В, не более	$I_{обр}$, мкА, не более (при $t_{окр}$, °С)		
				25 °С	85 °С	100 °С
КЦ105А	2,0	0,1	3,5	100	200	—
КЦ105Б	4,0	0,1	3,5	100	200	—
КЦ105В	6,0	0,1	7,0	100	200	—
КЦ105Г	7,0	0,075	7,0	100	200	—
КЦ105Д	8,5	0,05	7,0	100	200	—
КЦ106А	4,0	0,01	25	10	30	—
КЦ106Б	6,0	0,01	25	10	30	—
КЦ106В	8,0	0,01	25	10	30	—
КЦ106Г	10,0	0,01	25	10	30	—
КЦ106Д	2,0	0,01	25	10	30	—

Продолжение табл 12-57

Тип прибора	$U_{обр. макс}$, кВ	$I_{вп. ср. макс}$, А	$U_{пр. ср}$, В, не более	$I_{обр}$, мкА, не более (при $t_{окр}$, °С)		
				25 °С	85 °С	100 °С
КЦ201А	2,0	0,5	3,0	100	—	250
КЦ201Б	4,0	0,5	3,0	100	—	250
КЦ201В	6,0	0,5	6,0	100	—	250
КЦ201Г	8,0	0,5	6,0	100	—	250
КЦ201Д	10,0	0,5	6,0	100	—	250
КЦ201Е	15,0	0,5	10,0	100	—	250

Примечания: 1. Значения $U_{пр. ср}$ даны при $I_{вп. ср. макс}$.

2. Значения $I_{обр}$ даны при $U_{обр. макс}$.

3. Максимальный прямой импульсный ток 1 А при $\tau_и = 50$ мкс для КЦ106А—КЦ106Д.

4. Максимальная частота подводимого переменного напряжения 20 кГц для КЦ106А—КЦ106Д, 1 кГц для столбов остальных типов.

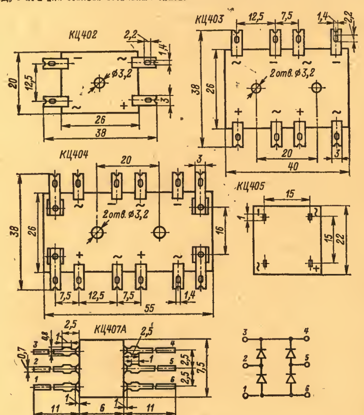


Рис. 12-50.

Таблица 12-58

Высоковольтные выпрямительные селеновые столбы

Тип прибора	$U_{обр.\ макс}$, кВ	$I^*_{вп.\ ср.\ макс}$, мА	Длина столба L, мм, не более
3ГЕ130АФ	3,0	0,06	—
3ГЕ220АФ	5,0	0,06	135
5ГЕ40АФ	1,0	1,2	100
5ГЕ60АФ	1,5	1,2	106
5ГЕ80АФ	2,0	1,2	112
5ГЕ100АФ	2,5	1,2	120
5ГЕ140АФ	3,5	1,2	130
5ГЕ200АФ	5,0	1,2	150
5ГЕ600АФ	15,0	1,2	180

* Максимально допускаемое значение выпрямленного тока при использовании столба в однополупериодном выпрямителе с активной нагрузкой.

Столбы, обозначение которых начинается с цифры 3, имеют ⌀ 4 мм, а с цифры 5 — ⌀ 6 мм (5ГЕ600АФ имеет диаметр 9 мм)

Габаритные чертежи столбов даны на рис. 12-52.

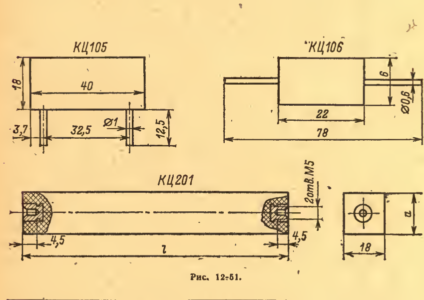


Рис. 12-51.

Тип диода	l, мм	a, мм
КЦ201А, КЦ201Б	58	19
КЦ201В, КЦ201Г, КЦ201Д	100	19
КЦ201Е	100	25

Таблица 12-59

Высокочастотные (универсальные) диоды

Тип диода	$U_{обр. макс}$, В	$I_{пр. макс}$, $I^{*}_{пр. и макс}$, мА	$I_{обр}$ (при $U_{обр}$, В), мкА, не более	$U_{пр}$ (при $I_{пр}$, мА), В, не более	$C_{д}$ (при $U_{обр}$, В), пФ, не более
			Германиевые		
ГД402А	15	30; 100*	100 (10)	—	0,8 (5)
ГД402Б	15	30; 100*	100 (10)	—	0,8 (5)
Д2Б	10	16; 50*	100 (10)	1,0 (5,0)	—
Д2В	30	25; 78*	250 (30)	1,0 (9,0)	—
Д2Г	50	16; 50*	250 (50)	1,0 (2,0)	—
Д2Д	50	16; 50*	250 (50)	1,0 (4,5)	—
Д2Е	100	16; 50*	250 (100)	1,0 (4,5)	—
Д2Ж	150	16; 50*	250 (150)	1,0 (2,0)	—
Д2И	100	8; 25*	250 (100)	1,0 (2,0)	—
Д9Б	10	40; 125*	250 (10)	1,0 (90)	—
Д9В	30	20; 62*	250 (30)	1,0 (10)	—
Д9Г	30	30; 98*	250 (30)	1,0 (30)	—
Д9Д	30	30; 98*	250 (30)	1,0 (60)	—
Д9Е	50	20; 62*	250 (50)	1,0 (10)	—
Д9Ж	100	15; 48*	250 (100)	1,0 (30)	—
Д9И	30	30; 98*	120 (30)	1,0 (30)	—
Д9К	30	30; 98*	60 (30)	1,0 (60)	—
Д9Л	100	15; 48*	250 (100)	1,0 (30)	—
			Кремниевые		
Д104	75	30	5,0 (50)	2,0 (5,0)	0,7 (1)
Д104А	75	30	5,0 (50)	2,0 (5,0)	0,7 (1)
Д105	50	30	5,0 (50)	2,0 (2,0)	0,7 (1)
Д105А	50	30	5,0 (50)	1,0 (1)	0,7 (1)
Д106	30	30	5,0 (50)	2,0 (2)	0,7 (1)
Д106А	30	30	5,0 (50)	1,0 (1,0)	0,7 (1)
КД407А	24	50; 500*	0,5 (24)	1,0 (50)	5,0 (1)
КД409А	24	50; 500*	0,5 (24)	1,0 (50)	15 (1)

Примечание. Цветная маркировка диодов серии Д9: Д9В — красная точка; Д9В — оранжевая; Д9Г — желтая; Д9Д — белая; Д9Е — голубая; Д9Ж — зеленая и голубая; Д9И — две желтые точки; Д9К — две белые; Д9Л — две зеленые точки.

Таблица 12-60

Импульсные диоды

Тип диода	$U_{обр.\ макс}$, $U^*_{обр.\ и.\ макс}$, В	$U_{пр}$ (при $I_{пр}$, мА), В, не более	$I_{пр.\ макс}$, $I^*_{пр.\ и.\ макс}$, мА	$I_{обр}$ (при $U_{обр.\ макс}$), мкА, не более	$C_д$ (при $U_{обр}$, В), пФ, не более	$\tau_{вос}$, нс, не более, $Q^*_{пер}$ (при $I_{пр}$) пК, не более
Д18	20	1 (20)	50*	50	0,5 (3)	100 (50; 10)
Д219А	70	1 (50)	500*	1	15 (5)	500 (30; 30)
Д220	50	1,5 (50)	500*	1	15 (5)	500 (30; 30)
Д220А	70	1,5 (50)	500*	1	15 (5)	500 (30; 30)
Д220Б	100	1,5 (50)	500*	1	15 (5)	500 (30; 30)
Д310	20	0,55 (500)	800*	20	15 (20)	300 (500; 20)
Д311	30	0,4 (10)	500*	100	1,5 (5)	50 (50; 10)
Д311А	30	0,4 (10)	600*	100	3 (5)	50 (50; 10)
Д311Б	30	0,5 (10)	250*	100	2 (5)	50 (50; 10)
Д312	100	0,5 (10)	500*	100	3 (5)	500 (50; 10)
Д312А	75	0,5 (10)	500*	100	3 (5)	500 (50; 10)
Д312Б	100	0,5 (10)	500*	100	3	700 (50; 10)
АД516А	10	—	2; 30*	2	0,5 (0)	5* (5; 10)
АД516Б	10	—	2; 30*	2	0,35 (0)	5* (5; 10)
ГД507А	20	0,5 (5)	16; 100*	50	0,8 (5)	100 (20; 10)
ГД508А	8	0,7 (10)	10; 30*	60	0,75 (0,5)	20 (10; 5)
ГД508Б	8	0,65 (10)	10; 30*	100	0,75 (0,5)	20 (10; 5)
ГД511А	12	0,6 (5)	15; 50*	50	1,0 (5)	100* (10; 10)
ГД511Б	12	0,6 (5)	15; 50*	100	1,0 (5)	40* (10; 10)
ГД511В	12	0,6 (5)	15; 50*	200	1 (5)	100* (10; 10)
КД503А	30	1,0 (10)	20; 200*	10	5 (0—0,05)	10 (10; 10)
КД503Б	30	1,2 (10)	20; 200*	10	2,5 (0—0,05)	10 (10; 10)
КД503В	10	1,3 (10)	10; 200*	1	6 (0—0,05)	50 (10; 10)
КД504А	40	1,2 (100)	240; 240*	2	25 (5)	15* (300; 30)
КД509А	50; 70*	1,1 (100)	100; 1500*	5	4 (0—0,05)	400* (50; 10)
КД510А	50; 70*	1,1 (200)	200; 1500*	5	4 (0—0,05)	400* (50; 10)
КД512А	15	1,0 (10)	20; 200*	5	1 (5)	1 (10; 10)
КД513А	50; 70*	1,1 (100)	100; 1500*	5	4 (0)	400* (50; 10)
КД514А	10	1 (10)	10; 50*	5	0,9 (0)	—
КД520А	15	1 (20)	20; 50*	1	3 (5)	4 (10; 10)
КД521А	75; 80*	1 (50)	50; 500*	1	10 (0)	4 (10; 10)
КД521Б	60; 65*	1 (50)	50; 500*	1	10 (0)	4 (10; 10)
КД521В	50; 55*	1 (50)	50; 500*	1,0	10 (0)	4 (10; 10)
КД521Г	30; 35*	1,0 (50)	50; 500*	1	10 (0)	4 (10; 10)
КД521Д	12	1 (50)	50; 500*	1	10 (0)	4 (10; 10)
КД522А	30; 40*	1,1 (100)	100; 1500*	2,0	4 (0—0,05)	400* (50; 10)
КД522Б	50; 60*	1,1 (100)	100; 1500*	5	4 (0—0,05)	400* (50; 10)

Примечание. Значения максимального прямого тока $I_{пр.\ макс}$ и максимального импульсного прямого тока $I_{пр.\ и.\ макс}$ даны при длительности импульса $\tau_и = 1$ мкс для диодов ГД511А — ГД511В и $\tau_и = 10$ мкс для диодов остальных типов. Цветная маркировка диодов: КД522А — 2 кольца на корпусе, КД522Б — три кольца.

Варикапы характеризуют *максимально допускаемым обратным напряжением* $U_{обр.макс}$, *постоянным обратным током* $I_{обр}$, который измеряют при напряжении $U_{обр.макс}$, а также следующими специфическими для варикапов параметрами (табл. 12-61).

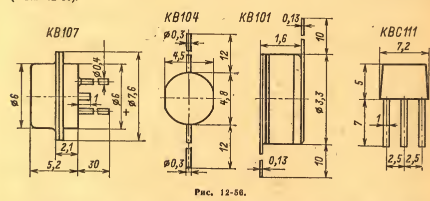


Рис. 12-56.

Номинальная емкость $C_{ном}$ — емкость при заданном обратном напряжении смещения.

Коэффициент перекрытия по емкости K_C — отношение номинальной емкости варикапа к его емкости при $U_{обр.макс}$; для варикапов различных типов $K_C = 2{,}5 \div 4$.

Добротность варикапа $Q_в$ как подстроечного конденсатора равна отношению его емкостного сопротивления к эквивалентному последовательному сопротивлению потерь.

Туннельные и обращенные диоды

У туннельных диодов на вольт-амперных характеристиках (рис. 12-57) имеется участок с отрицательным дифференциальным сопротивлением. Наличие такого

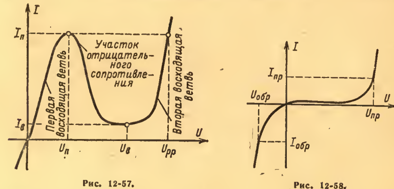


Рис. 12-57. Рис. 12-58.

участка позволяет использовать туннельные диоды в усилителях, генераторах синусоидальных и релаксационных колебаний и переключающих устройствах на частотах до сотен и тысяч мегагерц.

Таблица 12-61

Варикапы

Тип варикапа	$C_{ном}$*, пФ	$U_{обр. макс}$, В	$Q_в$**, не менее	$I_{обр}$ (при $U_{обр. макс}$, $t_{окр}$ = 25 °С), мкА, не более
Д901А	22—32	80	25	1,0
Д901Б	22—32	45	30	1,0
Д901В	28—38	80	25	1,0
Д901Г	28—38	45	30	1,0
Д901Д	34—44	80	25	1,0
Д901Е	34—44	45	30	1,0
Д902	6—12	25	30	—
КВ101А	160—240	4	12	1,0
КВ102А	14—23	45	40	1,0
КВ102Б	19—30	45	40	1,0
КВ102В	25—40	45	40	1,0
КВ102Г	19—30	45	100	1,0
КВ102Д	19—30	80	40	1,0
КВ103А	18—32	80	50	10
КВ103Б	28—38	80	40	10
КВ104А	90—120	45	100	5,0
КВ104Б	106—144	45	100	5,0
КВ104В	128—192	45	100	5,0
КВ104Г	95—143	80	100	5,0
КВ104Д	128—192	80	100	5,0
КВ104Е	95—143	45	150	5,0
КВ105А	400—600	90	500	50
КВ105Б	400—600	50	500	50
КВ106А	20—50	120	40	20
КВ106Б	15—35	90	60	20
КВ107А	10—40	5,5—16	20	100
КВ107Б	10—40	5,5—16	20	100
КВ107В	30—65	13—31	20	100
КВ107Г	30—65	13—31	20	100
КВ109А***	2,3—2,8	25	300	0,5
КВ109Б***	2,0—2,3	25	300	0,5
КВ109В***	8,0—17	25	160	0,5
КВ109Г***	8,0—17	25	160	0,5
КВ110А	12—18	45	300	1,0
КВ110Б	14—21	45	300	1,0
КВ110В	17—26	45	300	1,0
КВ110Г	12—18	45	150	1,0
КВ110Д	14—21	45	150	1,0
КВ110Е	17—26	45	150	1,0
КВС111А	⩽33	30	200	1,0
КВС111Б	⩽33	30	150	1,0

* При $U_{обр}$ = 0,8 В для КВ101А; $U_{обр}$ = 25 В для КВ109А и КВ109Б; $U_{обр}$ = 3 В для КВ109В и КВ109Г и $U_{обр}$ = 4 В для варикапов остальных типов

** При f = 1 МГц для КВ105А, КВ105Б; f = 10 МГц для КВ104А — КВ104Е; КВ107А — КВ107Г я f = 50 МГц для варикапов оствльных типов и при темпервтуре 25 °С.

*** Варикапы КВ109А — КВ109Г предназначены для использования в резонаторах диапазона ДМВ (см. § 1-3).

Параметрами туннельных диодов являются следующие (см. рис. 12-57 и табл. 12-62).

Таблица 12-62

Туннельные диоды

Тип диода	$I_п$, мА	$U_п$, мВ	$I_п/I_в$ не менее	$U_{рр}$, мВ	$I_{пр. макс}$, мА	$C_д$, пф
ГИ103А	1,3—1,7	74	4	—	1,5	1,0—2,1
ГИ103Б	1,3—1,7	74	4	—	1,5	0,8—1,6
ГИ103В	1,3—1,7	74	4	—	1,5	0,7—1,3
ГИ103Г	1,3—2,1	74	4	—	1,5	1,0—3,2
ГИ304А	4,5—5,1	75	5	420	10,0	⩽ 20
ГИ304Б	4,9—5,5	75	5	420	10,0	⩽ 20
ГИ305А	9,1—10,1	85	5	430	10,0	⩽ 30
ГИ305Б	9,8—11,0	85	5	430	20,0	⩽ 30
ГИ307А	1,8—2,2	—	7	400	4,0	⩽ 20

Пиковый ток $I_п$ *и напряжение пика* $U_п$ — прямой ток и напряжение, соответствующие максимуму вольт-амперной характеристики.

Ток впадины $I_в$ *и напряжение впадины* $U_в$ — прямой ток и напряжение в точке минимума вольт-амперной характеристики.

Напряжение раствора $U_{рр}$ — прямое напряжение, большее напряжения впадины, при котором ток равен пиковому.

Емкость диода $C_д$ — емкость между выводами диода при заданном напряжении (обычно при напряжении $U_в$).

Предельный режим работы туннельного диода характеризуется максимально допускаемым постоянным $I_{пр. макс}$ или импульсным $I_{пр. и. макс}$ прямым током.

Особенностью вольт-амперной характеристики обращенного диода (рис. 12-58) является то, что при малых напряжениях (до нескольких десятков милливольт) проводимость диода в обратном направлении много больше, чем в прямом. Поэтому диоды и получили название обращенных, так как в качестве проводящей в них используется обратная ветвь вольт-амперной характеристики. Обращенные диоды используются для выпрямления малых переменных напряжений и детектирования сигналов с частотой до нескольких сотен мегагерц. Параметрами обращенных диодов являются: *прямое* $U_{пр}$ и *обратное* $U_{обр}$ *напряжения* при заданных значениях тока; *прямой* $I_{пр. макс}$ и *обратный* $I_{обр. макс}$ *максимально допускаемые токи* и *емкость диода* $C_д$ (табл. 12-63).

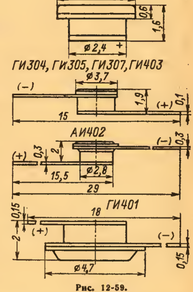


Рис. 12-59.

Габаритные чертежи туннельных и обращенных диодов даны на рис. 12-59.

Таблица 12-63

Обращенные диоды

Тип диода	$U_{пр}$ (при $I_{пр}$, мА), мВ, не менее	$U_{обр}$ (при $I_{обр}$, мА), мВ, не более	$I_{пр.макс}$, мА	$I_{обр.макс}$, мА	$С_д$, пФ не более
АИ402Б	600 (0,1)	250 (1,0)	0,05	1,0	4,0
АИ402Г	600 (0,1)	250 (1,0)	0,05	1,0	8,0
АИ402Е	600 (0,2)	250 (2,0)	0,05	2,0	8,0
АИ402И	600 (0,4)	250 (4,0)	0,05	4,0	10,0
ГИ401А	330 (0,1)	90 (1,0)	0,30	4,0	2,5
ГИ401Б	330 (0,1)	90 (1,0)	0,50	5,6	5,0
ГИ403А*	350 (0,1)	120 (3,0)	10*	10*	8,0

*Для диода ГИ403А указаны максимально допускаемые импульсные значения обратного тока и прямого тока при длительности импульса $\tau_и = 10$ мкс.

Стабилитроны и стабисторы

Стабилитроны (рис. 12-60) и стабисторы предназначены для стабилизации напряжения на нагрузке при изменении питающего напряжения в широких пределах. Рабочая точка стабилитрона находится на участке пробоя обратной ветви вольт-амперной характеристики. Рабочая точка стабистора находится на прямой ветви вольт-амперной характеристики. Его работа основана на том, что при изменении прямого тока прямое напряжение на диоде меняется незначительно. Полярность подаваемого напряжения на стабилитрон должна быть такой, чтобы к аноду присоединялся отрицательный полюс. У стабистора к аноду присоединяется положительный полюс подаваемого напряжения.

Стабилитроны средней и большой мощности, имеющие в обозначении букву П (например, Д815АП), предназначены для применения в устройствах, где с монтажным металлическим шасси должен соединяться отрицательный полюс стабилизированного напряжения. Стабилитроны с такими же параметрами без дополнительной буквы в обозначении (например, Д815А) предназначаются для устройств, где «заземляется» положительный полюс напряжения.

Основные параметры стабилитронов и стабисторов представлены в табл. 12-64, 12-65.

Напряжение стабилизации $U_{ст}$ — напряжение между выводами стабилитрона (стабистора) в рабочем режиме.

Ток стабилизации $I_{ст}$ — ток через стабилитрон, стабистор. (Не путать с током, который идет от стабилизатора в нагрузку!).

Минимальный ток стабилизации $I_{ст.мин}$ стабилитрона — наименьшее значение тока стабилизации, при котором режим пробоя устойчив. Для стабистора $I_{ст.мин}$ представляет собой значение прямого тока, ниже которого крутизна вольт-амперной характеристики резко уменьшается и соответственно дифференциальное сопротивление существенно увеличивается по сравнению с его значением на рабочем участке.

Максимально допускаемый ток стабилизации $I_{ст.макс}$ — наибольшее значение тока стабилизации, при котором нагрев стабилитрона (стабистора) не выходит за допустимые пределы.

Дифференциальное сопротивление $r_{ст}$ — отношение приращения напряжения стабилизации к вызывающему его приращению тока стабилизации: $r_{ст} = \Delta U_{ст}/\Delta I_{ст}$.

Продолжение табл. 12-65

Тип стабилитрона	$U_{ст}$, В (при $I_{ст}$, мА)	$r_{ст}$ (при $I_{ст}$, мА), Ом, не более	$I_{ст. макс}$, мА	$I_{ст. мин}$, мА
Д815Г	10 (500)	2,7 (500)	800	25
Д815Д	12 (500)	3,0 (500)	650	25
Д815Е	15 (500)	3,8 (500)	550	25
Д815Ж	18 (500)	4,5 (500)	450	25
Д816А	22 (150)	10 (150)	230	10
Д816Б	27 (170)	12 (150)	180	10
Д816В	33 (150)	15 (150)	150	10
Д816Г	39 (150)	18 (150)	130	10
Д816Д	47 (150)	22 (150)	110	10
Д817А	56 (50)	52 (50)	90	5,0
Д817Б	68 (50)	60 (50)	75	5,0
Д817В	82 (50)	67 (50)	60	5,0
Д817Г	100 (50)	75 (50)	50	5,0
КС433А	3,3 (30)	25 (30)	191	3,0
КС439А	3,9 (30)	25 (30)	176	3,0
КС447А	4,7 (30)	18 (30)	159	3,0
КС456А	5,6 (30)	12 (30)	139	3,0
КС468А	6,8 (30)	5 (30)	119	3,0
КС482А	8,2 (5)	25 (5)	96	1,0
КС510А	10 (5)	25 (5)	79	1,0
КС512А	12 (5)	25 (5)	67	1,0
КС515А	15 (5)	25 (5)	53	1,0
КС518А	18 (5)	25 (5)	45	1,0
КС520В	20 (5)	120 (5)	22	1,0
КС522А	22 (5)	25 (5)	37	1,0
КС527А	27 (5)	40 (5)	30	1,0
КС531В	31 (10)	50 (10)	15	3,0
КС533А	33 (10)	40 (10)	17	3,0
КС547В	47 (5)	280 (5)	10	3,0
КС568В	68 (5)	400 (5)	10	3,0
КС596В	96 (5)	560 (5)	7	3,0
КС620А	120 (15)	150 (50)	42	5,0
КС630А	130 (15)	180 (50)	38	5,0
КС650А	150 (15)	270 (30)	33	2,5
КС680А	180 (15)	330 (30)	28	2,5

Примечание. Разброс напряжения стабилизации не более ± 15%.

Таблица 12-66

Светодиоды

Тип диода (цвет свечения*)	$I_{пр}$, мА	$U_{пр}$, В, не более	B, кд/м², не менее	$P_{изл}$, мВт, не менее
АЛ102А (К)	5	3,2	5	—
АЛ102Б (К)	20	4,5	40	—
АЛ102В (З)	20	4,5	20	—
АЛ102Г (К)	10	3,0	10	—
АЛ103А (И)	50	1,6	—	1,0
АЛ103Б (И)	50	1,6	—	0,6
АЛ106А (И)	100	1,7	—	0,2
АЛ106Б (И)	100	1,7	—	0,4
АЛ106В (И)	100	1,7	—	0,6
АЛ107А (И)	100	2,0	—	6,0
АЛ107В (И)	100	2,0	—	10,0

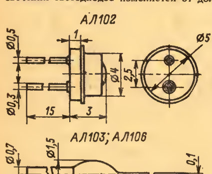
* Сокращенные обозначения цвета свечения: З — зеленый; И — инфракрасный; К — красный; диоды из карбида кремния, содержащие в обозначении буквы КЛ, имеют желтое свечение.

Светодиоды

Светодиоды (рис. 12-61) — специальные полупроводниковые диоды, излучающие свет при прохождении через них тока в прямом направлении. Яркость свечения светодиодов изменяется от долей до сотен кандел на квадратный метр при изменении прямого тока от единиц до десятков миллиампер.

Применяют светодиоды в РЭА в качестве индикаторов (например, индикаторов настройки приемников), в визуальных фотометрах и фотоэкспонометрах.

Основными параметрами светодиодов являются: *яркость свечения B* при данном прямом токе $I_{пр}$ и прямом напряжении $U_{пр}$ (табл. 12-66) или *мощность излучения* $P_{изл}$.



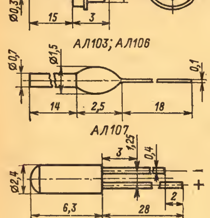


Рис. 12-61.

12-13. ТИРИСТОРЫ

Тиристоры (рис. 12-62) используют для включения и выключения тока через реле, электродвигатели, лампы накаливания, создания мощных импульсов тока за счет разряда конденсаторов, а также управления током через другие силовые нагрузки. Тиристор является ключевым элементом. Через тиристор, находящийся в выключенном состоянии, проходит незначительный ток утечки. Когда тиристор включен и находится в проводящем состоянии, то при протекании значи-

ным сопротивлением. При некотором напряжении на эмиттере происходят отпирание транзистора и быстрое нарастание тока через базу.

Двухэмиттерные модуляторные транзисторы содержат в одном корпусе две транзисторные структуры, соединенные для преобразования слабых постоянных напряжений от различных датчиков (например, термопары) в переменное напряжение для последующего усиления и регистрации.

На габаритных чертежах транзисторов приняты следующие обозначения выводов электродов: *б* — база, *к* — коллектор, *э* — эмиттер; *з* — затвор, *и* — исток, *с* — сток. Буквой *т* обозначены маркировочные точки на корпусах транзисторов, обозначающие эмиттер, и буквой *ф* — фланцы для крепления транзисторов к теплоотводам.

Предельно допускаемые эксплуатационные значения параметров транзисторов

Предельные электрические и тепловые режимы работы транзисторов характеризуются максимально допускаемыми напряжениями между электродами, токами через них, а также рассеиваемой в приборе мощностью при данной температуре корпуса или окружающей среды. Превышение указанных максимально допускаемых значений нагрузок приводит к резкому сокращению долговечности транзисторов, необратимому ухудшению параметров, а иногда и к немедленному отказу прибора. Следует также помнить, что аппаратура недостаточно надежна, если транзисторы работают при максимально допускаемых напряжениях, токах, мощности, особенно, когда эти максимальные нагрузки действуют одновременно. Для того чтобы устройство на транзисторах действовало безотказно длительное время, при конструировании схем нужно выбирать типы транзисторов и их рабочие режимы так, чтобы напряжения, токи и мощность не превышали 0,7—0,8 их максимально допустимых значений. Совмещение максимальных нагрузок (например, тока и напряжения на коллекторе, тока и мощности) недопустимо ни в каких случаях.

Максимально допускаемая рассеиваемая мощность коллектора $P_{к.\,макс}$ — наибольшая мощность, рассеиваемая в транзисторе при температуре окружающей среды $t_{окр}$ или корпуса $t_{кор}$. При работе транзистора в усилителе в режиме А или в стабилизаторе напряжения значение $P_{к.\,макс}$ определяется как произведение постоянного напряжения между коллектором и эмиттером на постоянный ток коллектора (в режиме А — ток покоя). Если транзистор работает в режиме переключения, то, кроме мощности, рассеиваемой в коллекторном переходе, добавляется мощность, рассеиваемая в базе, равная произведению напряжения между базой и эмиттером на ток базы. Для транзисторов отдельных типов установлена максимальная мощность, рассеиваемая при заданной длительности импульса. При повышении температуры среды или корпуса эта мощность должна снижаться. Значение $P_{макс}$, допускаемое при заданной температуре корпуса $t_{кор}$ или окружающей среды $t_{окр}$, определяют по формулам

$$P_{макс}\,(t_{кор}) = (t_{пер.\,макс} - t_{кор})/R_{пер\text{-}кор};$$
$$P_{макс}\,(t_{окр}) = (t_{пер.\,макс} - t_{окр})/R_{пер\text{-}окр},$$

где $t_{пер.\,макс}$ — максимально допускаемая температура *p-n* перехода; $R_{пер\text{-}кор}$ — тепловое сопротивление переход — корпус; $R_{пер\text{-}окр}$ — тепловое сопротивление переход — окружающая среда.

В табл. 12-71 и 12-72 приведены значения тепловых сопротивлений и рассеиваемых мощностей для транзисторов ($P_{макс}^{т}$ — рассеиваемая мощность при монтаже на теплоотводе).

Таблица 12-71

Тепловые параметры транзисторов малой мощности

Тип транзистора	$P_{макс}$, мВт (при $t_{окр}$, °C)	$R_{пер-окр}$, °C/мВт, не более	$t_{пер. макс}$, °C	Рабочий диапазон температуры $t_{окр}$, °C
МП20, МП21	150 (20)	0,33	85	—55—+60
МП25, МП26	200 (20)	0,20	75	—55—+60
МП37, МП38	150 (55)	0,20	85	—50—+60
МП39-МП41	150 (55)	0,20	85	—60—+70
МП42	200 (45)	0,20	85	—60—+70
МП111-МП113	150 (70)	0,33	120	—55—+100
МП114-МП116	150 (70)	0,33	120	—55—+100
П401-П403	100 (20)	0,6	85	—50—+60
П416	100 (20)	0,4	85	—55—+60
П422, П423	100 (20)	0,6	70	—25—+55
ГТ108А-ГТ108Г	75 (20)	0,8	80	—40—+55
ГТ109А-ГТ109И	30 (20)	1,8	80	—30—+55
ГТ115А-ГТ115Д	50 (45)	0,8	80	—20—+45
ГТ305А-ГТ305В	75 (20)	0,8	85	—60—+60
ГТ308А-ГТ308В	150 (20); 360 (20)*	0,25	85	—60—+70
ГТ309А-ГТ309Е	50 (20)	0,5	70	—40—+55
ГТ310А-ГТ310Е	20 (20)	2,0	75	—40—+55
ГТ311Е, Ж, И	150 (20)	0,35	70	—40—+60
ГТ313А-ГТ313В	100 (20)	0,40	85	—40—+55
ГТ320А-ГТ320В	200 (20); 1000 (20)*	0,225	90	—55—+70
ГТ321А-ГТ321Е	160 (20); 20 000 (20)*	0,25	80	—60—+60
ГТ322А-ГТ322В	50 (20)	0,70	60	—40—+55
ГТ328А-ГТ328В	50 (20)	—	80	—40—+55
ГТ329А-ГТ329Г	20 (20)	—	80	—40—+60
ГТ330Д, Ж, И	50 (20)	1,0	80	—40—+55
ГТ338А-ГТ338В	100 (20)	—	80	—40—+55
ГТ341А-ГТ341В	35 (20)	0,8	80	—40—+60
ГТ346А, Б	40 (20)	—	85	—40—+55
ГТ362А, Б	40 (20)	2,0	80	—40—+55
КТ104А-КТ104Г	150 (20)	0,6	150	—60—+100
КТ117А-КТ117Г	300 (35)	0,33	120	—60—+125
КТ118А-КТ118В	100 (110)	0,4	150	—60—+125
КТ201А-КТ201В	150 (20)	0,6	150	—55—+100
КТ202А-КТ202В	15 (20)	—	150	—60—+85
КТ203А-КТ203Д	150 (20); 60 (125)*	0,6	150	—60—+125
КТ301, КТ301А-КТ301Ж	150 (20)	0,6	120	—55—+85
КТ306А-КТ306Д	150 (20)	0,6	125	—60—+125
КТ315А-КТ315Е	150 (20)	0,67	120	—60—+100
КТ316А-КТ316Д	150 (20)	0,6	125	—60—+125
КТ325А-КТ325В	225 (20)	0,6	125	—60—+125
КТ326А-КТ326Б	200 (20)	0,6	150	—60—+125
КТ337А-КТ337В	150 (60)	0,6	150	—40—+85
КТ339А-КТ339Д	250 (55)	—	120	—40—+85
КТ340А-КТ340Г	150 (20)	—	120	—10—+85

Продолжение табл. 12-71

Тип транзистора	$P_{макс}$, мВт (при $t_{окр}$, °С)	$R_{пер\text{-}окр}$, °С/мВт, не более	$t_{пер.макс}$, °С	Рабочий диапазон температуры $t_{окр}$, °С
КТ342А-КТ342Г	250 (25)	0,5	150	—60—+125
КТ343А-КТ343Г	150 (20)	0,5	150	—10—+85
КТ345А-КТ345В	100 (20); 300 (20)*	1,1	150	—40—+85
КТ347А-КТ347В	150 (55)	—	150	—40—+85
КТ349А-КТ349В	200 (20)	0,6	150	—40—+85
КТ350А	200 (30)	0,6	150	—40—+85
КТ351А, Б	200 (30)	0,6	150	—40—+85
КТ352А, Б	200 (20)	0,6	150	—40—+85
КТ355А	225 (20)	0,7	150	—55—+125
КТ357А-КТ357Г	100 (20)	0,7	120	—40—+85
КТ358А-КТ358В	100 (20); 200 (20)*	0,7	120	—40—+85
КТ361А-КТ361Е	150 (20)	0,67	120	—60—+100
КТ363А, Б	150 (45)	0,7	150	—40—+85
КТ373А-КТ373Г	150 (55)	0,6	150	—40—+85
КП301Б	200 (25)	—	—	—55—+70
КП302А-КП302В	300 (20)	—	—	—55—+100
КП303А-КП303И	200 (20)	—	—	—60—+125
КП304А	200 (55)	—	—	—60—+125
КП305Д-КП305И	150 (20)	—	—	—60—+125
КП306А-КП306В	150 (35)	—	—	—60—+125
КП350А-КП350В	200 (25)	—	—	—55—+70

* Второе значение мощности — импульсное.

Таблица 12-72

Тепловые параметры биполярных транзисторов средней и большой мощности

Тип транзистора	$P_{макс}$, Вт (при $t_{окр}$, °С)	$P^{т}_{макс}$, Вт (при $t_{кор}$, °С)	$R_{пер\text{-}кор}$, °С/Вт ($R_{пер\text{-}окр}$)	$t_{пер.макс}$, °С	Рабочий диапазон температуры $t_{окр}$, °С
П201-П203	1,0 (20)	10 (40)	3,5	85	—55—+60
П210Б, В	—	45 (25)	1,0	85	—55—+60
П213-П215	—	10 (45)	4,0	85	—60—+70
П216, П217	—	30 (25)	2,0	85	—60—+70
П302-П306	1,0 (20)	7,0 (50)	10 (100)	120	—60—+120
П701, П701А, Б	—	10 (50)	10 (85)	150	—55—+100
ГТ402А-ГТ402Г	0,6 (25)	—	50 (100)	85	—40—+55
ГТ403А-ГТ403Ю	0,6 (25)	—	15 (100)	85	—55—+70
ГТ404А-ГТ404Г	0,6 (25)	2,0 (55)	100 (150)	85	—40—+55
ГТ405А-ГТ405Г	0,6 (25)	—	(100)	85	—40—+55
ГТ701А	—	25 (55); 8,3 (75)	1,2	85	—55—+70
ГТ703А-ГТ703Д	1,6 (25)	15 (40)	3,0 (30)	85	—40—+55
ГТ806А-ГТ806Д	2 (25)	30 (25)	2,0	85	—55—+55

Продолжение табл. 12-72

Тип транзистора	$P_{макс}$, Вт (при $t_{окр}$, °С)	$P^т_{макс}$, Вт (при $t_{кор}$, °С)	$R_{пер-кор}$, °С/Вт ($R_{пер-окр}$)	$t_{пер. макс}$, °С	Рабочий диапазон температуры $t_{окр}$, °С
ГТ810А	0,75 (27)	15 (27)	2,5 (50)	85	—55—+55
ГТ905А, ГТ905Б	1,2 (25)	6,0 (30)	9,0 (50)	85	—55—+60
КТ601А	0,25 (55)	—	—	125	—40—+55
КТ602А-КТ602Г	0,85 (25)	2,8 (25)	45 (150)	125	—40—+85
КТ603А-КТ603Е	0,5 (50)	—	(200)	125	—40—+85
КТ604А, Б	0,8 (25)	3,0 (25)	40 (150)	125	—25—+100
КТ606А, Б	2,5 (40)	—	44	125	—40—+85
КТ608А, Б	0,5 (20)	—	(200)	125	—40—+85
КТ610А, Б	—	1,5 (50); 1,0 (85)	—	150	—40—+85
КТ611А-КТ611Г	0,8 (25)	3,0 (25)	40 (150)	150	—25—+100
КТ616А, Б	0,3 (25); 0,25 (85)	—	(260)	150	—40—+85
КТ617А	0,5 (25); 0,3 (85)	—	(215)	150	—40—+85
КТ618А	0,5 (25); 0,3 (85)	—	(200)	150	—40—+85
КТ704А-КТ704В	—	15 (50)	5,0	125	—40—+100
КТ801А, КТ801Б	—	5 (55)	20	150	—40—+85
КТ802А	—	50 (50)	2,5	150	—25—+100
КТ803А	—	60 (50)	1,66	150	—60—+100
КТ805А, Б	—	30 (50)	3,3	150	—60—+100
КТ807А, Б	—	10 (70)	8,0	120	—40—+85
КТ808А	5 (50)	50 (50)	2,0	150	—60—+100
КТ809А	—	40 (50)	2,5	150	—60—+125
КТ902А	—	30 (50)	3,3	150	—60—+125
КТ903А, Б	—	30 (20); 9 (85); 60 (20); 18 (85)	3,33	115	—40—+85
КТ904А, Б	—	5 (40)	16	120	—40—+85
КТ907А, Б	—	13,5 (25)	7,5	120	—40—+55
КТ908А, Б	—	50 (50)	2,0	150	—60—+125
КТ909А-КТ909Г	—	54 (25)	3,3	120	—40—+85
КТ911А-КТ911Г	—	3 (25)	33	120	—40—+85

Максимально допускаемые напряжения: $U_{КБ\,макс}$, $U_{КЭ\,макс}$, $U_{БЭ\,макс}$, $U_{СИ\,макс}$, $U_{ЗИ\,макс}$. В этих обозначениях параметров первая и вторая подстрочные буквы указывают, между какими выводами электродов транзисторов напряжения с данными значениями допустимо прикладывать: Б — база, К — коллектор, Э — эмиттер; И — исток, С — сток, З — затвор полевого транзистора. Например, $U_{СИ\,макс}$ — максимально допустимое напряжение между стоком и истоком полевого транзистора, $U_{Б1\,Б2}$ — максимальное напряжение между базами однопереходного транзистора.

Для большинства биполярных транзисторов указывается максимальное сопротивление между базой и эмиттером $R_{БЭ}$, при котором допустимо данное значение

$U_{КЭ\,макс}$ в отсутствие запирающего смещения на базе. Обычно для маломощных транзисторов максимальное значение $R_{БЭ} \leqslant 10$ кОм, а для мощных 100 Ом. Применение запирающего смещения позволяет увеличивать напряжение $U_{КЭ}$ (но не выше значения $U_{КБ\,макс}$), а увеличение сопротивления $R_{БЭ}$ вызывает необходимость снижать напряжение $U_{КЭ}$.

Максимально допускаемые значения токов: $I_{К\,макс}$, $I_{Э\,макс}$, $I_{Б\,макс}$, $I_{С\,макс}$ (подстрочные буквы указывают электрод транзистора). Ток базы регламентируется только для транзисторов большой и средней мощности. При работе в импульсном режиме и в режиме переключения при насыщении указанные в таблицах максимально допускаемые импульсные токи электродов могут быть значительно больше средних значений в статическом режиме.

Параметры постоянного тока

Параметры постоянного тока характеризуют значения неуправляемых токов через *p-n* переходы транзисторов.

Обратный ток коллектора $I_{КБО}$ ($I_{к0}$) — ток через переход коллектор — база при разомкнутой цепи эмиттера и заданном, обычно максимально допускаемом напряжении на коллекторе $U_{КБ}$.

Обратный ток коллектор — эмиттер $I_{КЭО}$ — ток в цепи коллектора при базе, соединенной непосредственно с эмиттером, и заданном напряжении на коллекторе $U_{КЭ}$ (прежние наименования и обозначения: начальный ток коллектора $I_{к.н}$).

Обратный ток коллектор—эмиттер $I_{КЭR}$ — то же при включении между базой и эмиттером резистора с заданным сопротивлением.

Обратный ток эмиттера $I_{ЭБО}$ ($I_{э0}$) — ток через переход эмиттер—база при разомкнутой цепи коллектора при заданном напряжении на эмиттере.

Ток утечки затвора полевого транзистора $I_{З\,ут}$ — ток в цепи затвора транзистора при заданном напряжении. Для полевых транзисторов с *p-n* переходом $I_{З\,ут}$ составляет обычно несколько наноампер, а для транзисторов с изолированным затвором — несколько пикоампер.

Неуправляемые токи $I_{КБО}$, $I_{ЭБО}$, $I_{КЭО}$, $I_{КЭR}$, $I_{З\,ут}$ растут с увеличением температуры. В таблицах указаны максимально допускаемые значения этих токов, при которых транзисторы считают исправными. Чем меньше неуправляемые токи транзистора, тем лучше его качество.

Начальный ток стока $I_{С\,нач}$ — ток в цепи стока полевого транзистора при напряжении на затворе, равном нулю, и при заданном напряжении на стоке.

Ток утечки $I_{Э1Э2}$ — ток в цепи запертого двухэмиттерного транзистора, когда между базовыми и коллекторными электродами приложено запирающее напряжение.

Ток включения $I_{вкл}$ — ток в межбазовой цепи, при котором происходит включение однопереходного транзистора.

Ток выключения $I_{выкл}$ — ток в межбазовой цепи, при котором исчезает дифференциальное отрицательное сопротивление однопереходного транзистора.

Напряжение отсечки $U_{ЗИ\,отс}$ — напряжение на затворе полевого транзистора, при котором ток в цепи стока достигает заданного низкого значения (транзистор запирается). В полевых транзисторах с так называемым индуцированным каналом (например, КП301Б) ток в цепи стока появляется лишь при образовании канала при некотором пороговом напряжении на затворе $U_{пор}$.

Напряжение в лавинном режиме $U_{лав}$ — напряжение на лавинном транзисторе в проводящем состоянии, когда через него проходит большой ток.

Пробивное напряжение $U_{КЭ\,проб}$ — напряжение на лавинном транзисторе, при котором возникает лавинный пробой.

Межбазовое напряжение $U_{б1б2}$ — напряжение между базовыми выводами однопереходного транзистора.

Межбазовое сопротивление $R_{б1\,б2}$—сопротивление между базовыми выводами однопереходного транзистора при токе эмиттера, равном нулю.

Остаточное сопротивление $r_{ост}$ — сопротивление между эмиттерными выводами двухэмиттерного модуляторного транзистора в проводящем состоянии.

Параметры в режиме большого сигнала

Параметры в режиме большого сигнала характеризуют работу транзисторов в мощных каскадах усиления и в переключателях.

Статический коэффициент передачи тока базы $h_{21Э}$ ($B_{ст}$) — отношение постоянного тока коллектора к току базы. В таблицах указан для заданного постоянного напряжения $U_{КЭ}$ и тока $I_К$.

Напряжение насыщения база — эмиттер $U_{БЭ\,нас}$. Насыщение — состояние транзистора, при котором оба его *p-n* перехода находятся в прямом включении, — измеряется при заданных значениях тока коллектора и базы.

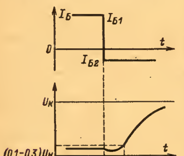


Рис. 12-63.

Напряжение насыщения коллектор — эмиттер $U_{КЭ\,нас}$ измеряется в тех же режимах, что и $U_{КБ\,нас}$.

Время рассасывания $t_{рас}$ — интервал времени между моментом подачи на базу насыщенного транзистора запирающего импульса (ток $I_{Б2}$ на рис. 12-63) и моментом, когда напряжение на коллекторе достигает уровня (0,1—0,3) $U_К$. Время рассасывания зависит от глубины насыщения транзистора и измеряется при определенной величине коллекторного и базового тока Глубина насыщения определяется коэффициентом насыщения

$$K_{нас} = I_Б h_{21\,Э}/I_К,$$

который показывает, во сколько раз ток базы транзистора, находящегося в режиме насыщения, больше тока базы, требуемого для перевода транзистора на границу насыщения. Граница насыщения характеризуется тем, что напряжение на коллекторном переходе равно нулю. Чем больше глубина насыщения транзистора, тем больше время рассасывания.

Параметры в режиме малого сигнала

Параметры транзисторов, работающих в режиме малого сигнала, используют при расчетах усилительных каскадов, амплитуды сигналов в выходных цепях которых существенно меньше напряжения источников питания, а также при расчете стабилизаторов напряжения и транзисторных фильтров.

Коэффициент передачи тока h_{21} — отношение изменения тока коллектора (выходного тока) к вызвавшему его изменению входного тока в режиме короткого замыкания по переменному току на выходе. В зависимости от схемы включения к цифровым индексам добавляется буквенный: $h_{21б}$ — коэффициент передачи тока в схеме с ОБ; $h_{21э}$ — коэффициент передачи тока в схеме ОЭ. (В литературе применяют также устаревшие символы для обозначения коэффициентов передачи тока:

для схемы с ОБ — α, α_0 и для схемы с ОЭ — β, β_0). Соотношения между коэффициентами передачи тока:

$$h_{21э} = \frac{-h_{21б}}{1 + h_{21б}};$$

$$h_{21б} = \frac{-h_{21э}}{h_{21э} + 1}.$$

Измерение коэффициентов передачи тока производят, как правило, на частотах 50—1000 Гц; на ВЧ эти параметры становятся комплексными величинами. Усилительные свойства транзисторов на высокой частоте характеризуются модулем коэффициента передачи тока $|h_{21э}|$. В таблицах указаны значения $h_{21э}$ и $|h_{21э}|$, соответствующие установленным значениям $U_{КЭ}$ и $I_К$ (или $I_Э$).

Входное сопротивление h_{11} — отношение изменения входного напряжения к вызвавшему его изменению входного тока при коротком замыкании по переменному току на выходе. В зависимости от схемы включения транзистора входное сопротивление обозначается $h_{11б}$, $h_{11э}$, при этом

$$h_{11э} \approx h_{11б} h_{21э}.$$

При увеличении тока коллектора значения $h_{11б}$ и $h_{11э}$ уменьшаются. Для сплавных германиевых транзисторов малой мощности типичные значения $h_{11б} = 22 \div 30$ Ом, для сплавных кремниевых — 35—300 Ом, для диффузионных планарных — 20—50 Ом.

Выходная проводимость h_{22} — отношение изменения выходного тока к вызвавшему его изменению выходного напряжения в режиме холостого хода на входе. При включении транзистора по схеме с ОБ выходная проводимость обозначается $h_{22б}$. Выходная проводимость $h_{22э}$ — параметр, аналогичный $h_{22б}$, но при включении транзистора по схеме с ОЭ

$$h_{22э} \approx h_{22б} h_{21э}.$$

Крутизна полевого транзистора S — отношение переменной составляющей тока в цепи стока к переменной составляющей вызвавшего его напряжения между затвором и истоком.

Крутизна обычного (биполярного) транзистора примерно равна: $S = 1000/h_{11б}$ мА/В.

Емкость коллекторного перехода $C_к$ — емкость между выводами коллектора и базы при отключенном эмиттере и обратном смещении (несколько вольт) на коллекторе. При увеличении обратного напряжения емкость уменьшается.

Емкость эмиттерного перехода $C_э$ — емкость между выводами эмиттера и базы при отключенном коллекторе и обратном (или нулевом) смещении на эмиттере. При повышении напряжения значение $C_э$ также уменьшается.

Постоянная времени цепи обратной связи биполярного транзистора на высокой частоте $\tau_к$ $(r'_б C_к)$ — произведение омического сопротивления базы на емкость коллекторного перехода; выражается в пикосекундах (т. е. Ом · пФ).

Входная емкость полевого транзистора $C_{11и}$ — емкость между выводом затвора и соединенными вместе выводами истока и стока.

Проходная емкость полевого транзистора $C_{12и}$ — емкость между стоком и затвором. Эта емкость вызывает появление обратной связи между выходом и входом усилителя на полевом транзисторе (аналогично действию емкости между сеткой и анодом вакуумного триода в схеме с общим катодом).

Коэффициент шума $K_ш$ — отношение полной мощности шумов в выходной цепи транзистора к той ее части, которая вызвана тепловыми шумами сопротивления источника сигнала. Коэффициент шума выражается в децибелах. Его величина дается для определенного диапазона частот и зависит от частоты и тока выход-

ного электрода. Для большинства биполярных транзисторов минимальное значение $K_ш$ имеет место на частотах 1—10 кГц. На более высоких и низких частотах $K_ш$ биполярных транзисторов увеличивается. Шумы полевых транзисторов на низких частотах обычно значительно меньше, чем у биполярных.

Частотные параметры

Предельная частота коэффициента передачи тока биполярного транзистора— частота, на которой модуль коэффициента передачи тока уменьшается на 3 дБ, т. е. до 0,7 величины, измеренной на НЧ. Для случая включения транзистора по схеме ОБ эта частота обозначается $f_{h21б}$ (f_α). При включении транзистора по схеме ОЭ предельная частота обозначается $f_{h21э}$ (f_β). Она примерно в $h_{21э}$ раз ниже частоты $f_{h21б}$.

Граничная частота коэффициента передачи тока базы $f_{гр}$ ($f_т$) — частота, на которой модуль коэффициента передачи тока транзистора, включенного по схеме ОЭ, равен единице. Для любой частоты диапазона $0{,}1 f_{гр} < f < f_{гр}$ модуль коэффициента усиления по току изменяется по закону «6 дБ на октаву», т. е. вдвое при изменении частоты в 2 раза. Модуль коэффициента передачи тока: $|h_{21э}| = f_{гр}/f$.

Для транзистора имеют место следующие соотношения:

$$f_{h21э} \approx f_{h21б}/h_{21э}; \quad f_{h21б} \approx f_{h21э}h_{21э};$$
$$f_{h21б} \approx 1{,}2 f_{гр};$$
$$f_{гр} \approx 0{,}8 f_{h21б}.$$

Максимальная частота генерации $f_{макс}$ — наибольшая частота, на которой транзистор способен генерировать колебания в схеме автогенератора при оптимальной обратной связи:

$$f_{макс} \approx 200\sqrt{f_{гр}/\tau_к};$$
$$f_{макс} \approx 180\sqrt{f_{h21б}/\tau_к}.$$

Во всех этих формулах частоты выражены в мегагерцах, а $\tau_к$ — в пикосекундах [Ом·пФ].

Граничная частота полевого транзистора $f_т$ — частота, при которой коэффициент усиления по мощности усилительного каскада превышает единицу; определяется крутизной и входной емкостью транзистора и примерно равна:

$$f_т \approx S/2\pi C_{11и}.$$

Быстродействие лавинных транзисторов характеризуется временем нарастания $\tau_{нар}$ импульсов.

Параметры транзисторов (рис. 12-64—12-72) даны в табл. 12-73—12-85.

В табл. 12-85 даны параметры полевых транзисторов с двумя отдельными изолированными затворами. Ток стока в таких транзисторах практически одинаково зависит от напряжений на обоих затворах. Эти транзисторы могут использоваться, например, в качестве смесителей двух сигналов разных частот, в схемах совпадений и других устройствах.

Транзисторы ГТ328 предназначены для использования в усилительных каскадах с АРУ приемников и телевизоров. Особенностью этих транзисторов является то, что их предельная частота снижается с увеличением коллекторного тока (200 МГц при 2 мА и 90 МГц при 10 мА). Поэтому модуль передачи тока базы на высокой частоте транзистора также снижается при росте $I_К$, чем достигается регулирование усиления каскада.

МП20А—МП21Е
МП25—МП26Б
МП35—МП42Б
МП111—МП116
Э Б К ø4,2
ø11,7 ø8,5 5,5 8 ø8

ГТ109
К Б Э ø1,5
ø3,4 ø2,8 2,5 Т ø2,8

ГТ115
ГТ108
К Б Э ø2,6
ø7,4 ø5,6 2,4

КТ104А
К Б Э
ø7,4 ø5,6 2,7 16

КТ201, КТ203
КТ316, КТ326,
КТ337, КТ340,
КТ343, КТ347,
КТ349, КТ350,
КТ351, КТ352,
КТ363
ø2,5 К Б Э
ø6 ø5 4,5 30 ø0,4

Рис. 12-64.

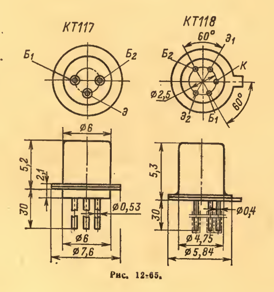


Рис. 12-65.

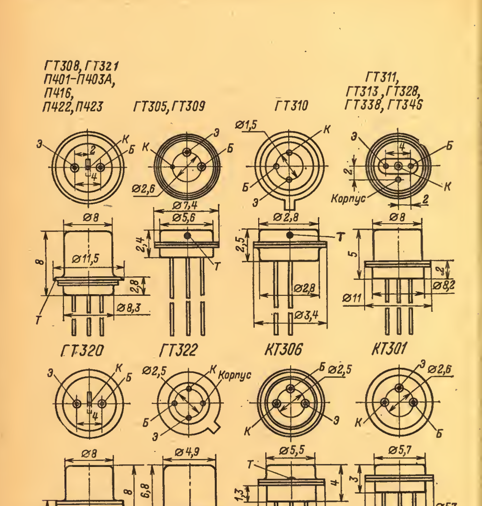

ГТ308, ГТ321
П401–П403А,
П416,
П422, П423
ГТ305, ГТ309
ГТ310
ГТ311,
ГТ313, ГТ328,
ГТ338, ГТ346
ГТ320
ГТ322
КТ306
КТ301
Корпус
Ø8
Ø11,5
Ø8,3
Ø7,4
Ø5,6
Ø2,6
Ø1,5
Ø2,8
Ø3,4
Ø11
Ø8,2
Ø2,5
Ø8,3
Ø11,7
Ø4,9
Ø6
Ø5,5
Ø7,3
Ø2,6
Ø5,7
Ø7,7

Рис. 12-66.

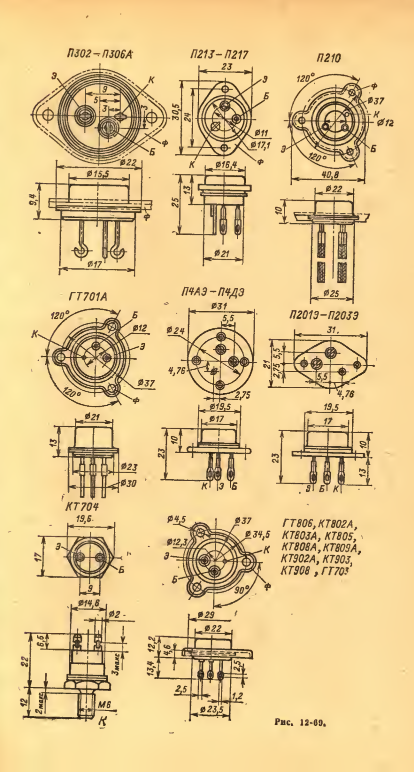

П302 – П306А
П213 – П217
П210
ГТ701А
П4АЭ – П4ДЭ
П201Э – П203Э
КТ704
ГТ806, КТ802А, КТ803А, КТ805, КТ808А, КТ809А, КТ902А, КТ903, КТ908, ГТ703

Рис. 12-69.

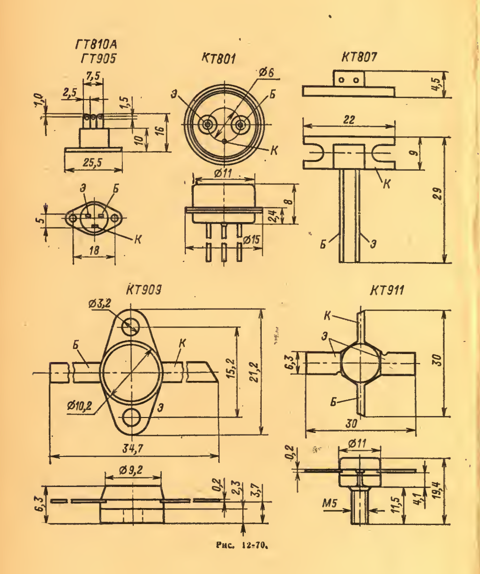
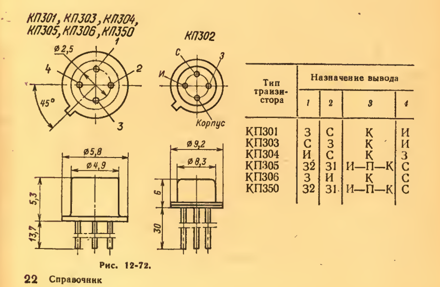

ГТ810А
ГТ905
7,5
2,5
1,0
1,5
10
16
25,5
Э
Б
К
5
18
КТ801
Ø6
Э
Б
К
Ø11
8
2,4
Ø15
КТ807
4,5
22
9
29
К
Б
Э
КТ909
Ø3,2
Б
К
15,2
21,2
Ø10,2
Э
34,7
Ø9,2
0,2
2,3
3,7
6,3
КТ911
К
Э
6,3
30
Б
30
0,2
Ø11
М5
11,5
4,1
19,4

Рис. 12-70.

Рис. 12-71.



Тип транзистора	Назначение вывода			
	1	2	3	4
КП301	З	С	К	И
КП303	С	З	К	И
КП304	И	С	К	З
КП305	З2	З1	И—П—К	С
КП306	З	И	К	С
КП350	З2	З1	И—П—К	С

Рис. 12-72.

Таблица 12-73

Низкочастотные транзисторы малой мощности

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 20°$ C		Электрические параметры			
	$U_{КБ\ макс}$, $U^*_{КБ\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, мА	$h_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^*_{КБ}$, В; $I_Э$, мА)	$f_{h21б}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_К$, пФ, не более
			p-n-p			
МП20А	30	300	50—150 (5; 25)	2,0	50	—
МП20Б	30	300	80—200 (5; 25)	1,5	50	—
МП21В	60	300	20—100 (5; 25)	1,5	50	—
МП21Г	40	300	20—80 (5; 25)	1,0	50	—
МП21Д	50	300	60—200 (5; 25)	1,0	50	—
МП21Е	70	300	30—150 (5; 25)	0,7	50	—
МП25	40	300	13—25 (20; 2,5)	0,2	75	—
МП25А	40	400	20—50 (20; 2,5)	0,2	75	—
МП25Б	40	400	30—80 (20; 2,5)	0,5	75	—
МП26	70	300	13—25 (30; 1,5)	0,2	75	—
МП26А	70	400	20—50 (30; 1,5)	0,2	75	—
МП26Б	70	400	30—80 (30; 1,5)	0,5	75	—
МП39	15	150	> 12 (5; 1)	0,5	15	60
МП39Б	15	150	20—60 (5; 1)	0,5	15	60
МП40	15	150	20—40 (5; 1)	1,0	15	60
МП40А	40	150	20—40 (5; 1)	1,0	15	60
МП41	15	150	30—60 (5; 1)	1,0	15	60
МП41А	15	150	50—100 (5; 1)	1,0	15	60
МП42	15	150	20—35 (1; 10)	1,0	25	—
МП42А	15	150	30—50 (1; 10)	1,0	25	—
МП42Б	15	150	45—100 (1; 10)	1,0	25	—
ГТ108А	10; 18*	50	20—50 (5; 1)	0,5	10	50
ГТ108Б	10; 18*	50	35—80 (5; 1)	1,0	10	50
ГТ108В	10; 18*	50	60—130 (5; 1)	1,0	10	50
ГТ108Г	10; 18*	50	110—250 (5; 1)	1,0	10	50
ГТ109А	10	20	20—50 (5*; 1)	1,0	5,0	30
ГТ109Б	10	20	35—80 (5*; 1)	1,0	5	30
ГТ109В	10	20	60—130 (5*; 1)	1,0	5	30
ГТ109Г	10	20	110—250 (5*; 1)	1,0	5	30
ГТ109Д	10	20	20—70 (1,2*; 0,1)	3,0	2	40
ГТ109Е	10	20	50—100 (1,2*; 0,1)	5,0	2	40
ГТ109Ж	10	20	100 (1,5; 10)	—	1,0	—
ГТ109И	10	20	20—80 (5*; 1)	1,0	5,0	30
ГТ115А	20	30	20—80 (1*; 25)	1,0	40	—
ГТ115Б	30	30	20—80 (1*; 25)	1,0	40	—
ГТ115В	20	30	60—150 (1*; 25)	1,0	40	—
ГТ115Г	30	30	60—150 (1*; 25)	1,0	40	—
ГТ115Д	20	30	125—250 (1*; 25)	1,0	40	—
			n-p-n			
МП35	15	150	13—125 (5; 1)	0,5	30	60
МП36А	15	150	15—45 (5; 1)	1,0	30	60
МП37	15	150	15—30 (5; 1)	1,0	30	60
МП37А	30	150	15—30 (5; 1)	1,0	30	60

Продолжение табл. 12-73

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20° С: $U_{КБ\,макс}$, $U^{*}_{КБ\,и.\,макс}$, В	$I_{К\,макс}$, мА	Электрические параметры: $h_{21э}$, (при $U_{КЭ}$, $U^{*}_{КБ}$, В; $I_{Э}$, мА)	$f_{h21б}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_{К}$, пФ, не более
МП37Б	30	150	25—50 (5; 1)	1,0	30	60
МП38	15	150	25—55 (5; 1)	2,0	30	60
МП38А	15	150	45—100 (5; 1)	2,0	30	60
МП111	20	100	10—25 (5; 1)	0,5	3	170
МП111А	10	100	10—30 (5; 1)	0,5	1	170
МП111Б	20	100	15—45 (5; 1)	0,5	3	170
МП112	10	100	15—45 (5; 1)	0,5	3	170
МП113	10	100	15—45 (5; 1)	1,0	3	170
МП113А	10	100	35—105 (5; 1)	1,2	3	170

Примечание. Обратные токи $I_{КБО}$ измеряются: у транзисторов ГТ109Д, ГТ109Е — при $U_{КБ}$ = 1,2 В; у ГТ108А—ГТ108Г; ГТ109А—ГТ109Г, ГТ109И, МП111А, МП112—МП113А при $U_{КБ}$ = 5 В; у МП111—МП111Б — при $U_{КБ}$ = 10 В; у транзисторов остальных типов при $U_{КБ} = U_{КБ\,макс}$.

Таблица 12-74

Транзисторы малой мощности среднечастотные

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20° С: $U_{КБ\,макс}$, В	$U_{КЭО\,и.\,макс}$	$I_{К\,макс}$, $I^{*}_{К\,и.\,макс}$, мА	$h_{21э}$, $h^{*}_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^{*}_{КБ}$, В; $I_{Э}$, $I^{*}_{К}$, мА)	Электрические параметры: $f_{h21б}$, $f^{*}_{гр}$, МГц, не менее	$C_{к}$, пФ, не более
p-n-p						
КТ104А	30	30	50	9—36 (5*; 1)	5,0	50
КТ104Б	15	15	50	20—80 (5*; 1)	5,0	50
КТ104В	15	15	50	40—160 (5*; 1)	5,0	50
КТ104Г	30	30	50	15—60 (5*; 1)	5,0	50
КТ203А	60	60	10; 50*	> 9 (5; 1)	5,0	10
КТ203Б	30	30	10; 50*	30—90 (5; 1)	5,0	10
КТ203В	15	15	10; 50*	15—100 (5; 1)	5,0	10
n-p-n						
КТ201А	20	20	20; 100*	20*—60* (1; 5*)	10*	20
КТ201Б	20	20	20; 100*	30*—90* (1; 5*)	10*	20
КТ201В	10	10	20; 100*	30*—90* (1; 5*)	10*	20
КТ201Г	10	10	20; 100*	70*—210* (1; 5*)	10*	20
КТ201Д	10	10	20; 100*	30*—90* (1; 5*)	10*	20

Примечания: 1. Для транзисторов всех типов $I_{КБО} \leqslant 1$ мкА при $U_{КБ} = U_{КБ\,макс}$.
2. Для транзисторов КТ104А—КТ104Г $C_{э} \leqslant 10$ пФ.

Таблица 12-75

Транзисторы малой мощности высокочастотные

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20°C			Электрические параметры				
	$U_{КБ\ макс}$, $U^*_{КБ\ и.\ макс}$, В	$U_{КЭО\ макс}$, $U^*_{КЭО\ и.\ макс}$, $U^{**}_{КЭR\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^*_{К\ и.\ макс}$, мА	$h_{21Э}$, $h^*_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^*_{КБ}$, В; $I_Э$, $I^*_К$, мА)	$f_{гр}$, $f^*_{h21б}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_К$, $C^*_э$, пФ, не более	$\tau_к$, пс, не более
				p-n-p				
П401	10	10	20	16—300 * (5; 5)	30 *	10	15	3500
П402	10	10	20	16—250 * (5; 5)	60 *	5,0	10	1000
П403	10	10	20	30—100 * (5; 5)	120 *	5,0	10	500
П403А	10	10	20	16—200 * (5; 5)	120 *	5,0	10	500
П416	20	12	25; 120 *	20—80 * (5; 5)	60 *	3,0	8; 40 *	500
П416А	20	12	25; 120 *	60—125 * (5; 5)	90 *	3,0	8; 40 *	500
П416Б	20	12	25; 120 *	100—250 * (5; 5)	120 *	3,0	8; 40 *	500
П422	10	10	20	24—100 * (5; 5)	60 *	5,0	10	1000
П423	10	10	20	24—100 * (5; 5)	120 *	5,0	10	500
ГТ305А	15	15	40; 100 *	25—80 (1; 10)	140	6,0	7,0	500
ГТ305Б	15	15	40; 100 *	60—180 (1; 10)	160	6,0	7	500
ГТ305В	15	15	40; 100 *	40*—120 * (5; 5)	160	4,0	5,5	300
ГТ308А	20; 30 *	20; 12 *	50; 120 *	20—75 (1 *; 10)	90	5,0	8; 25 *	400
ГТ308Б	20; 30 *	20; 12 *	50; 120 *	50—120 (1 *; 10)	120	5,0	8; 25 *	400
ГТ308В	20; 30 *	20; 12 *	50; 120 *	80—200 (1 *; 10)	120	5,0	8; 25 *	400
ГТ309А	—	10	10	20—70 (5 *; 1)	120	5,0	10	500
ГТ309Б	—	10	10	60—180 (5 *; 1)	120	5,0	10	500
ГТ309В	—	10	10	20—70 (5 *; 1)	80	5,0	10	1000
ГТ309Г	—	10	10	60—180 (5 *; 1)	80	5,0	10	1000
ГТ309Д	—	10	10	20—70 (5 *; 1)	40	5,0	10	1000
ГТ309Е	—	10	10	60—180 (5 *; 1)	40	5,0	10	1000
ГТ310А	12	10	10	20—70 (5; 1)	160	5	4,0	30
ГТ310Б	12	10	10	60—180 (5; 1)	160	5	4,0	300
ГТ310В	12	10	10	20—70 (5; 1)	120	5,0	5,0	300
ГТ310Г	12	10	10	60—180 (5; 1)	120	5	5,0	300
ГТ310Д	12	10	10	20—70 (5; 1)	80	5	5,0	500
ГТ310Е	12	10	10	60—180 (5; 1)	80	5	5,0	500

Продолжение табл. 12-75

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 20°C$: $U_{КБ\ макс}$, $U^*_{КБ\ и.\ макс}$, В	$U_{КЭО\ макс}$, $U^*_{КЭО\ и.\ макс}$, $U^{**}_{КЭR\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^*_{К\ и.\ макс}$, мА	Электрические параметры: $h_{21Э}$, $h^*_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^*_{КБ}$, В; $I_Э$, $I^*_К$, мА)	$f_{гр}$, $f^*_{h21б}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_К$, $C^*_э$, пФ, не более	$\tau_к$, пс, не более
ГТ320А	20	20	150; 300 *	20—80 (1; 10)	80	10	8; 25 *	500
ГТ320Б	20	20	150; 300 *	50—160 (1; 10)	120	10	8; 25 *	500
ГТ320В	20	20	150; 300 *	80—250 (1; 10)	160	10	8; 25 *	500
ГТ321А	60	50	20; 2000 *	20—60 (3; 500 *)	60	500	80; 600 *	600
ГТ321Б	60	50	20; 2000 *	40—120 (3; 500 *)	60	500	80; 600 *	600
ГТ321В	60	50	20; 2000 *	80—200 (3; 500 *)	60	500	80; 600 *	600
ГТ321Г	45	40	20; 2000 *	20—60 (3; 500 *)	60	500	80; 600 *	600
ГТ321Д	45	40	20; 2000 *	40—120 (3; 500 *)	60	500	80; 600 *	600
ГТ321Е	45	40	20; 2000 *	80—200 (3; 500 *)	60	500	80; 600 *	600
ГТ322А	25	25	10	30—100 (5 *; 1)	80	4	1,8	50
ГТ322Б	25	25	10	50—120 (5 *; 1)	80	4,0	1,8	100
ГТ322В	25	25	10	20—120 (5 *; 1)	80	4	2,5	200
КТ350А	20	15 **	600 *	20 (1; 500)	200	1	—	—
КТ351А	20	15 **	400 *	20—80 (1; 300)	200	1	70; 100 *	—
КТ351Б	20	15 **	400 *	50—200 (1; 300)	200	1	15; 30 *	—
КТ352А	20	15 **	200 *	25—120 (1; 200)	200	1,0	15; 30 *	—
КТ352Б	20	15 **	200 *	70—300 (1; 200)	200	1	15; 30 *	—
КТ357А	6	6 **	40	20—100 (0,5 *; 10 *)	300	5	7; 10 *	—
КТ357Б	6	6 **	40	60—300 (0,5 *; 10 *)	300	5	7; 10 *	—
КТ357В	20	20 **	40	20—100 (0,5 *; 10 *)	300	5	7; 10 *	—
КТ357Г	20	20 **	40	60—300 (0,5 *; 10)	300	5	7; 10 *	—
КТ361А	25	25 **	—	20—90 (10 *; 1)	250	1,0	9,0	500
КТ361Б	20	20 **	—	50—350 (10 *; 1)	250	1	9,0	500
КТ361В	40	40 **	—	20—90 (10 *; 1)	250	1	7,0	1000
КТ361Г	35	35 **	—	50—350 (10 *; 1)	250	1	7,0	500
КТ361Д	40	40 **	—	20—90 (10 *; 1)	250	1	7,0	250
КТ361Е	35	35 **	—	50—350 (10 *; 1)	250	1,0	7,0	1000
				n-p-n				
КТ301	20	20	10	20—60 (10 *; 3)	20	10	10; 80 *	2000

Продолжение табл. 12-75

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 20°C$			Электрические параметры				
	$U_{КБ\ макс}$, $U^*_{КБ\ и.\ макс}$, В	$U_{КЭО\ макс}$, $U^*_{КЭО\ и.\ макс}$, $U^{**}_{КЭR\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^*_{К\ и.\ макс}$, мА	$h_{21Э}$, $h^*_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^*_{КБ}$, В; $I_Э$, $I^*_К$, мА)	$f_{гр}$, $f^*_{h21б}$, мГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_К$, $C^*_э$, пФ, не более	$\tau_к$, пс, не более
КТ301А	20	20	10	40—120 (10 *; 3)	20	10	10; 80 *	2000
КТ301Б	30	30	10	10—32 (10 *; 3)	20	10	10; 80 *	4500
КТ301В	30	30	10	20—60 (10 *; 3)	20	10	10; 80 *	4500
КТ301Г	20	20	10	10—32 (10 *; 3)	30	10	10; 80 *	2000
КТ301Д	20	20	10	20—60 (10 *; 3)	30	10	10; 80 *	2000
КТ301Е	30	30	10	40—120 (10 *; 3)	30	10	10; 80 *	2000
КТ301Ж	30	30	10	80—300 (10 *; 3)	30	10	10; 80 *	2000
КТ315А	—	25	100	20—90 (10; 1)	250	1,0	7,0	300
КТ315Б	—	20	100	50—350 (10; 1)	250	1,0	7,0	500
КТ315В	—	40	100	20—90 (10; 1)	250	1,0	7,0	500
КТ315Г	—	35	100	50—350 (10; 1)	250	1,0	7,0	500
КТ315Д	—	40	100	20—90 (10; 1)	250	1,0	7,0	1000
КТ315Е	—	35	100	50—350 (10; 1)	250	1,0	7,0	1000
КТ340А	15	15 **	50	100—300 (1; 10 *)	300	1	3,7; 7 *	60
КТ340Б	20	20 **	50; 75 *	100 (1; 10 *)	300	1	3,7; 7 *	—
КТ340В	15	15 **	50; 200 *	35 (2; 200 *)	300	1	3,7; 7 *	—
КТ340Д	15	15 **	50	45 (1; 10 *)	300	1	3,7; 7 *	150
КТ349А	20	15 **	40 *	20—80 (1; 1)	300	1	6; 8 *	—
КТ349Б	20	15 **	40 *	40—160 (1; 1)	300	1	6; 8 *	—
КТ349В	20	15 **	40 *	120—300 (1; 1)	300	1	6; 8 *	—
КТ358А	15	15 **	30; 60 *	10—100 (5,5; 20)	80	5	500	—
КТ358Б	30	30 **	30; 60 *	25—100 (5,5; 20)	120	5	500	—
КТ358В	15	15 **	30; 60 *	50—280 (5,5; 20)	120	5	500	—
КТ373А	30	30 **	50; 200 *	100—250 (5 *; 1)	—	—	—	—
КТ373Б	25	25 **	50; 200 *	200—600 (5 *; 1)	—	—	—	—
КТ373В	10	10 **	50; 200 *	500—1000 (5 *; 1)	—	—	—	—
КТ373Г	60	60 **	50; 200 *	50—125 (5 *; 1)	—	—	—	—

Примечание. Значения $I_{КБО}$ соответствуют $U_{КБ} = U_{КБ\ макс}$.

Таблица 12-76

Транзисторы малой мощности сверхвысокочастотные

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20°C			Электрические параметры				
	$U_{КБ\ макс}$, $U^{*}_{КБ\ и.\ макс}$, В	$U_{КЭ\ макс}$, $U^{*}_{КЭR\ макс}$, $U^{**}_{КЭ\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^{*}_{К\ и.\ макс}$, мА	$h_{21Э}$, $h^{*}_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^{*}_{КБ}$, В; $I_{Э}$, $I^{*}_{К}$, мА)	$f_{гр}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_{К}$, $C^{*}_{э}$, пФ, не менее	$\tau_{к}$, пс, не более
p-n-p								
ГТ313А	15	12 *	30	20 *—250 * (5 *; 5)	300—1000	5,0	2,5; 14 *	75
ГТ313Б	15	12 *	30	20 *—250 * (5 *; 5)	450—1000	5,0	2,5; 14 *	40
ГТ313В	15	12 *	30	30 *—170 * (5 *; 5)	350—1000	5,0	2,5; 14 *	75
ГТ328А	15	15	10	20—200 (5 *; 3)	400	10	2,5 *	5
ГТ328Б	15	15	10	40—200 (5 *; 3)	300	10	5 *	10
ГТ328В	15	15	10	10—50 (5 *; 3)	300	10	5 *	10
ГТ346А	15	15	10	10 (10 *; 2)	700	10	1,3	3
ГТ346Б	15	15	10	10 (10 *; 2)	550	10	1,3	3,5
КТ326А	20	15 *	50	20—70 (2 *; 10)	400	0,5	5; 4 *	450
КТ326Б	20	15 *	50	45—160 (2 *; 10)	400	0,5	5; 4 *	450
КТ337А	6,0	6 *	30	30 (0,3; 10)	500	1,0	6; 8 *	—
КТ337Б	6,0	6 *	30	50 (0,3; 10)	600	1,0	6; 8 *	—
КТ337В	6,0	6 *	30	70 (0,3; 10)	600	1,0	6; 8 *	—
КТ343А	—	17 *	50	30 (0,3; 10)	300	1,0	6; 8 *	—
КТ343Б	—	17 *	50	50 (0,3 *; 10)	300	1,0	6; 8 *	—
КТ343В	—	9 *	50	30 (0,3 *; 10)	300	1,0	6; 8 *	—
КТ343Г	—	17 *	50; 150 *	20 (1 *; 10)	300	1,0	6; 8 *	—
КТ345А	20	20 *	200	20 (1; 100)	350	1,0	15; 30 *	—
КТ345Б	20	20 *	200	50 (1; 100)	350	1,0	15; 30 *	—

Продолжение табл. 12-76

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20°C			Электрические параметры				
	$U_{КБ\ макс}$, $U^{*}_{КБ\ и.\ макс}$, В	$U_{КЭ\ макс}$, $U^{*}_{КЭR\ макс}$, $U^{**}_{КЭ\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^{*}_{К\ и.\ макс}$, мА	$h_{21Э}$, $h^{*}_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^{*}_{КБ}$, В; $I_{Э}$, $I^{*}_{К}$, мА)	$f_{гр}$, мГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_{К}$, $C^{*}_{Э}$, пФ, не менее	$\tau_{к}$, мс, не более
КТ345В	20	20 *	200	70 (1; 100)	350	1,0	15; 30 *	—
КТ347А	15	15 *	50; 110 *	30—400 (0,3 *; 10)	500	1,0	6; 8 *	—
КТ347Б	9,0	9 *	50; 110 *	30—400 (0,3 *; 10)	500	1,0	6; 8 *	—
КТ367В	6,0	6 *	50; 110 *	50—400 (0,3 *; 10)	500	1,0	6; 8 *	—
КТ363А	15	15 *	30; 50 *	20—70 (5 *; 5)	1200	0,5	2; 2 *	50
КТ363Б	15	12 *	30; 50 *	40—120 (5 *; 5)	1200	0,5	2; 2 *	75
				n-p-n				
ГТ311Е	12; 20 *	12 *	50	15—80 (3; 15)	250	10	2,5; 5 *	75
ГТ311Ж	12; 20 *	12 *	50	50—200 (3; 15)	300	10	2,5; 5 *	100
ГТ311И	10; 20 *	10 *	50	100—300 (3; 15)	450	10	2,5; 5 *	100
ГТ329А	10	10; 5 *	20	15—300 (5 *; 5)	1200	5,0	2; 3,5 *	15
ГТ329Б	10	10; 5 *	20	15—300 (5 *; 5)	1500	5,0	3; 3,5 *	20
ГТ329В	10	10; 5 *	20	15—300 (5 *; 5)	2000	5,0	3; 3,5 *	20
ГТ330Д	10; 20 *	—	20	30—400 (5 *; 5)	500	5,0	3; 5 *	30
ГТ330Ж	10; 20 *	—	20	30—400 (5 *; 5)	1000	5,0	3; 5 *	50
ГТ330И	10; 20 *	—	20	10—400 (5 *; 5)	500	5,0	3; 5 *	30
ГТ341А	10	10; 5 *	10	15—300 (5 *; 5)	1500	5,0	1; 2 *	10
ГТ341Б	10	10; 5 *	10	15—300 (5 *; 5)	2000	5,0	1; 2 *	10
ГТ341В	10	10; 5 *	10	15—300 (5 *; 5)	1500	5,0	1; 2 *	10

Продолжение табл. 12-76

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 20°C$			Электрические параметры				
	$U_{КБ\ макс}$, $U^*_{КБ\ и.\ макс}$, В	$U_{КЭ\ макс}$, $U^*_{КЭR\ макс}$, $U^{**}_{КЭ\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^*_{К\ и.\ макс}$, мА	$h_{21Э}$, $h^*_{21э}$ (при $U_{КЭ}$, $U^*_{КБ}$, В; $I_Э$, $I^*_К$, мА)	$f_{гр}$, мГц, не менее	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_К$, $C^*_э$, пФ, не менее	$\tau_к$, мс, не более
ГТ362А	5,0	5 *	10	10—200 (3 *; 5)	2400	5,0	1; 1 *	10
ГТ362Б	5,0	5 *	10	10—250 (3 *; 5)	2400	5,0	1; 1 *	20
КТ306А	15	10 *	30	20—60 (1; 10 *)	300	0,5	5; 4,5 *	—
КТ306Б	15	10 *	30	40—120 (1; 10 *)	500	0,5	5; 4,5 *	—
КТ306В	15	10 *	30	20—100 (1; 10 *)	300	0,5	5; 4,5 *	500
КТ306Г	15	10 *	30	40—200 (1; 10 *)	500	0,5	5; 4,5 *	500
КТ306Д	15	10 *	30	30—150 (1; 10 *)	200	0,5	5; 4,5 *	300
КТ316А	10	10 *	30	20—60 (1; 10 *)	600	0,5	3; 2,5 *	—
КТ316Б	10	10 *	30	40—120 (1; 10 *)	800	0,5	3; 2,5 *	—
КТ316В	10	10 *	30	40—120 (1; 10 *)	800	0,5	3; 2,5 *	—
КТ316Г	10	10 *	30	20—100 (1; 10 *)	600	0,5	3; 2,5 *	150
КТ316Д	10	10 *	30	60—300 (1; 10 *)	800	0,5	3; 2,5 *	150
КТ325А	15	15 *	60	30—90 (5; 10)	800	0,5	2,5; 2,5 *	125
КТ325Б	15	15 *	60	70—210 (5; 10)	800	0,5	2,5; 2,5 *	125
КТ325В	15	15 *	60	160—400 (5; 10)	1000	0,5	2,5; 2,5 *	125
КТ339А	40	25; 40 **	25	25 (10; 7)	300	1,0	2,0	25
КТ339Б	25	12; 25 **	25	15 (10; 7)	250	1,0	2,0	25
КТ339В	40	25; 40 **	25	25 (10; 7)	450	1,0	2,0	50
КТ339Г	40	25; 40 **	25	40 (10; 7)	250	1,0	2,0	100
КТ339Д	40	25; 40 **	25	15 (10; 7)	250	1,0	2,0	150

Примечание. Значения $I_{КБО}$ соответствуют $U_{КБ} = U_{КБ\ макс}$.

Таблица 12-77

Транзисторы средней мощности среднечастотные

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 20°C$: $U_{КЭ\,О\,макс}$, В	Предельные режимы: $U_{КБ\,макс}$, В	Предельные режимы: $I_{К\,макс}$, А	Электрические параметры: $h_{21Э}$, ($h_{21э}$)*	Электрические параметры: $f_{h21б}$ ($f_{h21э}$), МГц, не менее	Электрические параметры: $I_{КБО}$, мкА, не более	Электрические параметры: $U_{КЭ\,нас}$ (при $I_К = 450$ мА), В, не более	Электрические параметры: $U_{БЭ\,нас}$ (при $I_К = 500$ мА), В, не более
p-n-p								
ГТ402А	25	—	0,5	30—80	1,0	20	—	—
ГТ402Б	25	—	0,5	60—150	1,0	20	—	—
ГТ402В	40	—	0,5	30—80	1,0	20	—	—
ГТ402Г	40	—	0,5	60—150	1,0	20	—	—
ГТ403А	30	30	1,25	(20—60)	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ403Б	30	30	1,25	(50—150)	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ403В	60	45	1,25	(20—60)	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ403Г	60	45	1,25	(50—150)	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ403Д	60	45	1,25	(50—150)	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ403Е	60	45	1,25	⩾30	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ403Ж	45	60	1,25	(20—60)	(0,008)	70	0,8	0,5
ГТ403И	45	60	1,25	⩾30	(0,008)	70	0,8	0,5
ГТ403Ю	30	45	1,25	(30—60)	(0,008)	50	0,8	0,5
ГТ405А	25	—	0,5	30—80	1,0	25	—	—
ГТ405Б	25	—	0,5	60—150	1,0	25	—	—
ГТ405В	40	—	0,5	30—80	1,0	25	—	—
ГТ405Г	40	—	0,5	60—150	1,0	25	—	—
n-p-n								
ГТ404А	25	—	0,5	30—80	1,0	25	—	—
ГТ404Б	25	—	0,5	60—150	1,0	25	—	—
ГТ404В	40	—	0,5	30—80	1,0	25	—	—
ГТ404Г	40	—	0,5	60—150	1,0	25	—	—

* Для ГТ403А — ГТ403Ю при $U_{КЭ} = 5$ В, $I_К = 100$ мА; $U_{КЭ} = 1$ В, $I_К = 3$ мА для транзисторов остальных типов.

Таблица 12-78

Транзисторы средней мощности высокочастотные структуры *n-p-n*

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 25°C				Электрические параметры				
	$U_{КЭ\ макс}$, $U^*_{КЭ\ и.\ макс}$, В	$U_{КБ\ макс}$, $U^*_{КБ\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^*_{К\ и.\ макс}$, А	$h_{21Э}$; $h^*_{21э}$ (при $U_{КБ}$, В; $I_э$, А)	$f_{гр}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$; $I^*_{КЭО}$, мА	$U_{КЭ\ нас}$; $U^*_{БЭ\ нас}$, В (при $I_К$, А)	$C_К$, $C^*_Э$, пФ, не более	$\tau_К$, пс, не более
КТ601А	100	100	0,03	16 * (20; 0,01)	40	0,5 *	—	15	600
КТ602А	100	120; 160 *	0,075; 0,5 *	20—80 (10; 0,01)	150	0,07; 0,5 *	3,3 * (0,05)	4; 25 *	300
КТ602Б	100	120; 160 *	0,075; 0,5 *	50 (10; 0,01)	150	0,07; 0,5 *	3,3 * (0,05)	4; 25 *	300
КТ602В	70	80	0,075; 0,5 *	15—80 (10; 0,01)	150	0,07; 0,5 *	3,3 * (0,05)	4; 25 *	300
КТ602Г	70	80	0,075; 0,5 *	50 (10; 0,01)	150	0,07; 0,5 *	3,3 * (0,05)	4; 25 *	300
КТ603А	30	30	0,3; 0,6 *	10—80 (2; 0,15)	200	0,01	1; 1,5 * (0,15)	15; 40 *	400
КТ603Б	30	30	0,3; 0,6 *	60 (2; 0,15)	200	0,01	1; 1,5 * (0,15)	15; 40 *	400
КТ603В	15	15	0,3; 0,6 *	10—80 (2; 0,15)	200	0,005	1; 1,5 * (0,15)	15; 40 *	400
КТ603Г	15	15	0,3; 0,6 *	60 (2; 0,15)	200	0,005	1; 1,5 * (0,15)	15; 40 *	400
КТ603Д	10	10	0,3; 0,6 *	20—80 (2; 0,15)	200	0,001	1; 1,5 * (0,15)	15; 40 *	400
КТ603Е	10	10	0,3; 0,6 *	60—200 (2; 0,15)	200	0,001	1; 1,5 * (0,15)	15; 40 *	400
КТ604А	250	300	0,2	10—40 (40; 0,02)	40	0,05 *	8 (0,02)	7; 50 *	—
КТ604Б	250	300	0,2	30—120 (40; 0,02)	40	0,05 *	8 (0,02)	7; 50 *	—
КТ605А	250	300	0,2 *	10—40 (40; 0,02)	40	0,1	8 (0,02)	7; 50 *	—
КТ605Б	250	300	0,2 *	30—120 (40; 0,02)	40	0,1	8 (0,02)	7; 50 *	—
КТ606А	60	60	0,4; 0,8 *	—	350	1,5 *	—	10	10
КТ606Б	60	60	0,4; 0,8 *	—	300	1,5 *	—	10	12
КТ608А	60; 80 *	60; 80 *	0,4; 0,8 *	20—80 (5; 0,2)	200	0,01	1; 2 * (0,4)	15; 50 *	—
КТ608Б	60; 80 *	60; 80 *	0,4; 0,8 *	40—160 (5; 0,2)	200	0,01	1; 2 * (0,4)	15; 50 *	—
КТ610А	20	20	0,3	50—300 (10; 150)	1000	0,5	—	3,5; 18 *	75
КТ610Б	20	20	0,3	20—300 (10; 150)	700	0,5	—	3,5; 18 *	25
КТ611А	180	200	0,1	10—40 (40; 0,02)	60	0,2 *	8 (0,02)	5,0	200
КТ611Б	180	200	0,1	30—120 (40; 0,02)	60	0,2 *	8 (0,02)	5,0	200
КТ611В	150	180	0,1	10—40 (40; 0,02)	60	0,2 *	8 (0,02)	5,0	200
КТ611Г	150	180	0,1	30—120 (40; 0,02)	60	0,2 *	8 (0,02)	5,0	200
КТ616А	20	20	0,4; 0,6 *	40 (1; 0,5)	200	0,015	0,6; 2 (0,5)	15; 50 *	—
КТ616Б	20	20	0,4; 0,6 *	25 (1; 0,5)	200	0,015	0,6; 2 * (0,5)	15; 50 *	—
КТ617А	20	30	0,4; 0,6 *	30 (2; 0,4)	150	0,005	0,7 (0,15)	15; 50 *	120
КТ618А	250	300	0,1	30 (40; 0,001)	40	0,05 *	—	7; 50 *	—

Примечание. Значения $I_{КБО}$ соответствуют $U_{КБ\ макс}$.

Таблица 12-79

Транзисторы большой мощности низкочастотные

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 25°C$			Электрические параметры				
	$U^*_{ЭБ\,макс}$, $U_{КБ\,макс}$, В	$U_{КЭR\,макс}$, $U^*_{КЭО\,и.\,макс}$, В	$I_{К\,макс}$, $I^*_{К\,и.\,макс}$, мА	$h_{21э}$; $h^*_{21Э}$ (при $U_К$, В; $I_К$, А)	$f_{гр}$, $f^*_{h21б}$, не менее	$I^1_{КЭ\,О}$, $I^*_{КБ\,О}$, мА, не более	$U_{КЭ\,нас}$, В (при $I_к$, $I_Б$, А)	$U_{БЭ\,нас}$ (при $I_К$, $I_Б$), В, не менее
				p-n-p				
ГТ701А	15 *	55; 100 *	12	10 * (2; 5)	0,05 *	6,0 *	—	—
П4АЭ	60	50	5,0	⩾ 5 (10; 2)	0,15 *	0,5	—	—
П4БЭ	70	60	5,0	15—40 (10; 2)	0,15 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П4ВЭ	40	35	5,0	⩾ 10 (10; 2)	0,15 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П4ГЭ	60	50	5,0	15—30 (10; 2)	0,15 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П4ДЭ	60	50	5,0	⩾ 30 (10; 2)	0,15 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П201Э	—	10	1,5	⩾ 20 (10; 0,2)	0,1 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П201АЭ	—	10	1,5	⩾ 40 (10; 0,2)	0,2 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П202Э	—	15	1,5	⩾ 20 (10; 0,2)	0,1 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П203Э	—	15	1,5	S=1,2÷1,8 А/В	0,2 *	0,4	0,5 (2; 0,3)	—
П210Б	65	40	12	⩾ 10 * (2; 5)	0,1 *	15	—	—
П210В	45	40	12	⩾ 10 * (2; 5)	0,1 *	15	—	—
П213	45	30	5,0	20—50 (5; 0,2)	—	0,15	—	—
П213А	45	30	5,0	⩾ 20 (5; 0,2)	—	1,0	—	—
П213Б	45	30	5,0	⩾ 40 (5; 0,2)	—	1,0	—	—
П214	60	45	5,0	20—50 (5; 0,2)	—	0,3	—	—
П214А	60	45	5,0	50—150 (5; 0,2)	—	0,3	—	—
П214Б	60	45	5,0	20—150 (5; 0,2)	—	0,15	—	—
П214В	60	55	5,0	⩾ 20 (5; 0,2)	—	1,5	—	—
П214Г	60	55	5,0	S ⩾ 1,4 А/В	—	1,5	—	—

Продолжение табл. 12-79

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 25°C$			Электрические параметры				
	$U^*_{ЭБ\ макс}$, $U_{КБ\ макс}$, В	$U_{КЭR\ макс}$, $U^*_{КЭО\ и.\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, $I^*_{К\ и.\ макс}$, мА	$h_{21э}$; $h^*_{21Э}$ (при $U_К$, В; $I_К$, А)	$f_{гр}$, $f^*_{h21б}$, не менее	$I^1_{КЭО}$, $I^*_{КБО}$, мА, не более	$U_{КЭ\ нас}$, В (при $I_К$, $I_Б$, А)	$U_{БЭ\ нас}$ (при $I_К$, $I_Б$), В, не менее
П215	80	60	5,0	20—150 (5; 0,2)	—	0,3	—	—
П216Б	35	35	7,5	⩾ 10 (3; 2)	—	1,5	—	—
П216В	35	35	7,5	⩾ 30 (3; 2)	—	2,0	—	—
П216Г	50	50	7,5	⩾ 5 (3; 2)	—	2,5	—	—
П216Д	50	50	7,5	15—30 (3; 2)	—	2,0	—	—
П217В	60	60	7,5	15—40 (3; 2)	—	3,0	—	—
П217Г	60	60	7,5	15—40 (3; 2)	—	3,0	—	—
П302	35	35	0,5	⩾ 10 (10; 0,12)	0,2	0,1	—	—
П303	60	60	0,5	⩾ 6 (10; 0,12)	0,1	0,1	—	—
П303А	60	60	0,5	⩾ 6 (10; 0,12)	0,1	0,1	—	—
П304	80	80	0,5	⩾ 5 (10; 0,06)	0,05	0,1	—	—
П306	60	60	0,4	7—30 (10; 0,1)	0,05	0,1	—	—
П306А	80	80	0,4	5—50 (10; 0,05)	0,05	0,1	—	—
n-p-n								
КТ704А	4 *	1000 *	2,5; 4 *	10—100 * (15; 1)	3,0	5,0	5,0 (2; 1,5)	3 (2; 1,5)
КТ704Б	4 *	700 *	2,5; 4 *	10—100 * (15; 1)	3,0	5,0	5 (2; 1,5)	3 (2; 1,5)
КТ704В	4 *	500 *	2,5; 4 *	10 * (15; 1)	3,0	5,0	5 (2; 1,5)	3 (2; 1,5)
КТ809А	4 *	400	3,5 *	15—100 * (5; 2)	5,25	3,0	1,5 (2; 0,4)	2,3 (2; 0,4)

Примечание. Значения токов $I_{КЭО}$ соответствуют напряжению $U_{КЭ\ макс}$. Для транзисторов ГТ701А и КТ809А в этой графе приведены значения $I_{КЭR}$ при сопротивлении между базой и эмиттером, равным 10 Ом, а для транзисторов П4АЭ — П4ДЕ и П201Э — П203Э — значения обратного тока коллектора $I_{КБО}$ при $U_{КБ} = U_{КБ\ макс}$.

Таблица 12-80

Транзисторы большой мощности, среднечастотные, высокочастотные и сверхвысокочастотные

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 20°C$				Электрические параметры			
	$U_{КЭ\ макс}$, В	$U_{КБ\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, А	$I_{Б\ макс}$, А	$h_{21Э}$ (при $U_{КБ}$, В; $I_к$, А)	$f_{h21б}$, $f^*_{гр}$, МГц, не менее	$I_{КБО}$, $I^*_{КЭО}$, мА, не более	$U_{КЭ\ нас}$, $U^*_{БЭ\ нас}$ (при $I_К$, А), В, не более
p-n-p								
ГТ703А	20; 25 *	—	3,5	—	30—70 (1; 0,005)	0,01	0,5	0,6; 1 * (3)
ГТ703Б	20; 25 *	—	3,5	—	50—100 (1; 0,005)	0,01	0,5	0,6; 1 * (3)
ГТ703В	30; 35 *	—	3,5	—	30—70 (1; 0,005)	0,01	0,5	0,6; 1 * (3)
ГТ703Г	30; 35 *	—	3,5	—	50—100 (1; 0,005)	0,01	0,5	0,6; 1 * (3)
ГТ703Д	40; 50 *	—	3,5	—	20—45 (1; 0,005)	0,01	0,5	0,6; 1 * (3)
ГТ806А	75	—	15 *	3,0	10—100 (0; 10)	10	12 *	0,6; 1 * (15)
ГТ806Б	100	—	15 *	3,0	10—100 (0; 10)	10	12 *	0,6; 1 * (15)
ГТ806В	120	—	15 *	3,0	10—100 (0; 10)	10	12 *	0,6; 1 * (15)
ГТ806Г	50	—	15 *	3,0	10—100 (0; 10)	10	12 *	0,6; 1 * (15)
ГТ806Д	140	—	15 *	3,0	10—100 (0; 10)	10	12 *	0,6; 1 * (15)
ГТ810А	200; 250 *	200	10	1,5	15 (10; 5)	15 *	20	0,8 * (10)
ГТ905А	75	75	3; 7 *	0,6; 1 *	35—100 (10; 3)	—	2,0	0,5 (3)
ГТ905Б	60	60	3; 7 *	0,6; 1 *	35—100 (10; 3)	60 *	2,0	0,5 (3)
n-p-n								
КТ801А	80	—	2	0,4	13—50 (5; 1)	10 *	10 *	—
КТ801Б	60	—	2	0,4	20—100 (5; 1)	10 *	10 *	—
КТ802А	130 *	150	5	1,0	15 (10; 2)	10 *	60	5 (5)
КТ803А	60; 80 *	—	10	—	10—70 (10; 5)	20 *	5 *	2,5 (5)
КТ805А	160	—	5; 8 *	2; 2,5 *	15 (10; 2)	20 *	60 *	2,5; 2,5 * (5)

Продолжение табл. 12-80

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20°C				Электрические параметры			
	$U_{КЭ\ макс}$, В	$U_{КБ\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, А	$I_{Б\ макс}$, А	$h_{21Э}$ (при $U_{КБ}$, В; $I_К$, А)	$f_{h21б}$, $f^*_{гр}$, МГц, не менее	$I_{КБ\ О}$, $I^*_{КЭО}$, мА, не более	$U_{КЭ\ нас}$, $U^*_{БЭ\ нас}$ (при $I_К$, А), В, не более
КТ805Б	135	—	5; 8 *	2; 2,5 *	15 (10; 2)	20 *	60 *	5,5 * (5)
КТ807А	100; 120 *	—	0,5; 1,5 *	0,2	15—45 (5; 0,5)	—	5 *	1 (0,5)
КТ807Б	100; 120 *	—	0,5; 1,5 *	0,2	30—100 (5; 0,5)	—	5 *	1 (0,5)
КТ808А	120; 250 *	—	10	4,0	10—50 (3; 6)	7 *	50 *	2,5 * (6)
КТ902А	110 *	65	5,0	2,0	15 (10; 2)	35 *	10	2 (2)
КТ903А	60; 80 *	60; 80 *	3; 10 *	—	15—70 (10; 2)	120 *	10 *	2,5 (2)
КТ903Б	60; 80 *	60; 80 *	3; 10 *	—	40—180 (10; 2)	120 *	10 *	2,5 (2)
КТ904А	60	60	0,8; 1,5 *	0,2	—	350 *	1,5 *	—
КТ904Б	60	60	0,8; 1,5 *	0,2	—	300 *	1,5 *	—
КТ907А	60	—	1	0,4	—	350 *	3 *	—
КТ907Б	60	—	1	0,4	—	300 *	3 *	—
КТ908А	100	—	10	5	8—60 (10; 2)	30 *	25 *	1,5; 2,3 * (10)
КТ908Б	60	—	10	5	20 (4; 4)	30 *	50 *	1 (4)
КТ909А	60	—	2,0	1	—	350 *	30 *	—
КТ909Б	60	—	4,0	2	—	500 *	60 *	—
КТ909В	60	—	2,0	1	—	300 *	30 *	—
КТ909Г	60	—	4,0	2	—	400 *	60 *	—
КТ911А	40	55	0,4	—	—	1000 *	5	—
КТ911Б	40	55	0,4	—	—	800 *	5	—
КТ911В	30	40	0,4	—	—	1000 *	5	—
КТ911Г	30	40	0,4	—	—	800 *	5	—

Примечания: 1. Значения $I_{КБ\ О}$ соответствуют $U_{КБ\ макс}$.
2. Предельные значения напряжений и токов, отмеченные звездочкой, являются импульсными.

Таблица 12-81

Транзисторы малой мощности высокочастотные лавинные структуры *p-n-p*

Тип транзистора	$I_{К\ макс}$, мА	$I_{КБО}$, мкА (при $U_{КБ} = 20$ В), не более	$U_{лав}$, В, не более	$U_{КЭ\ проб}$, В (при $I_К$, мА)	$t^*_{ир}$, нс, не более	$C_к$, пФ, не более
ГТ338А	1000	30	8	20 (1)	1,0	2,0
ГТ338Б	1000	30	13	20 (1)	1,0	2,0
ГТ338В	1000	30	5	20 (1)	1,0	2,0

* При $U_{КЭ} = 20$ В.

Таблица 12-82

Двухэмиттерные модуляторные кремниевые транзисторы структуры *p-n-p*

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр} = 25$ °С					Электрические параметры		
	$U_{КБ\ макс}$, В	$U_{Э1Э2\ макс}$, В	$U_{БЭ\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, мА	$I_{Э\ макс}$, $I_{Б\ макс}$, мА	$I_{Э1Э2}$ (при $U_{Э1Э2}$, В), мкА	$I_{КБО}$, мкА, не более	$r_{ост}$ (при $I_Б$, $I_Э$, мА), Ом
КТ118А	15	30	31	50	25	0,1 (30)	0,1	20 (40; 20); 100 (2; 2)
КТ118Б	15	15	16	50	25	0,1 (15)	0,1	20 (40; 2); 100 (2; 2)
КТ118В	15	15	16	50	25	0,1 (15)	0,1	40 (40; 20) 120 (2; 2)

Примечания: 1. Предельная рассеиваемая мощность 100 мВт.
2. Время переключения 500 нс.
3. Управляющее напряжение между базой и коллектором 1,3 В при $I_Б = 20$ мА

Таблица 12-83

Однопереходные кремниевые транзисторы

Тип транзистора	$P_{макс}$ при $t_{окр} \leqslant 35$ °С, мВт	Предельные режимы при $t_{окр} \leqslant 25$ °С		Электрические параметры		
		$U_{Б1Б2\ макс}$, $U_{Б2Э\ макс}$, В	$I_{Э\ макс}$, мА	$I_{вкл}$, мкА, не более	$I_{выкл}$, мА, не более	$R_{Б1Б2}$, кОм
КТ117А	300	30	50	20	1,0	4—9
Б	300	30	50	20	1,0	4—9
В	300	30	50	20	1,0	8—12
КТ117Г	300	30	50	20	1,0	8—12

Примечания: 1. Тепловое сопротивление 0,33 °С/мВт.
2. Обратный ток эмиттера $I_{ЭБО} \leqslant 1$ мкА
3. Максимальная частота генерации 200 кГц.
4. Максимальное импульсное значение тока эмиттера $I_{Э.\ и.\ макс} = 1$ А.

Таблица 12-84

Полевые транзисторы

Тип транзистора	Предельные режимы при $t_{окр}$ = 20 °С				Электрические параметры			
	$U_{3С\ макс}$, В	$U_{СИ\ макс}$, В	$I_{С\ нач}$, мА (при $U_{СИ}$, В)	$U^*_{3И\ отс}$, В	S, мА/В	$I_{3\ ут}$ (при U_3, В), мА, не более	$C_{11И}$, пФ, не более	$C_{12И}$, пФ, не более
С *p-n* переходом и каналом *n*-типа								
КП302А	20	20	3—24 (7)	5,0	⩾5	10 (10)	20	8
КП302Б	20	20	18—43 (7)	7,0	⩾7	10 (10)	20	8
КП302В	20	20	33 (10)	10	—	10 (10)	20	8
КП303А	30	25	0,5—2,5 (10)	0,5—3,0	1—4	1 (10)	0,5—6,0	—
КП303Б	30	25	0,5—2,5 (10)	0,5—3,0	1—4	1 (10)	0,5—6,0	—
КП303В	30	25	1,5—5 (10)	1—4,0	2—5	1 (10)	0,5—6	—
КП303Г	30	25	3—12 (10)	8,0	3—7	0,1 (10)	0,5—6	2
КП303Д	30	25	3,9 (10)	8,0	2—6	5 (10)	0,5—6	—
КП303Е	30	25	5—20 (10)	8,0	⩾4	5 (10)	0,5—6	—
КП303Ж	30	25	0,3—3 (10)	0,3—3,0	1—4	5 (10)	0,5—6	—
КП303И	30	25	1,5—5 (10)	0,5—2,0	2—6	5 (10)	0,5—6,0	—
С изолированным затвором и каналом *p*-типа								
КП301Б	—	20	$0,5 \cdot 10^{-3}$ (15)	—	⩾1	0,3 (30)	3,5	2
КП304А	30	25	$2 \cdot 10^{-4}$ (25)	—	4,0	20 (30)	9,0	2
С изолированным затвором и каналом *n*-типа								
КП305Д	15	15	—	6	5,2—10,5	1 (15)	5	0,8
КП305Е	15	15	—	6	4—8,0	0,005 (15)	5,0	0,8
КП305Ж	15	15	—	6	5,2—10,5	1 (15)	5	0,8
КП305И	15	15	—	6	4—10,5	1 (15)	5,0	0,8

* При напряжении стока $U_{СИ}$ = 7 В; $I_С$ = 10 мкА для КП302А—КП302В; $U_{СИ}$ = 10 В; $I_С$ = 10 мкА для остальных типов транзисторов.

Таблица 12-85

Полевые транзисторы с двумя изолированными затворами и каналом *n*-типа

Тип транзистора	$U_{31С\ макс}$, В	$U_{32С\ макс}$, В	$U_{СИ\ макс}$, В	$I_{С\ нач}$ (при $U_{СИ}$, В), мА	$U_{3И\ отс}$ (при $U_{СИ}$, В; $I_С$, мкА), В	S, мА/В	$I_{3\ ут}$ (при U_3, В), мА, не более	$C^*_{31И}$, пФ, не более	$C^*_{32И}$, пФ, не более
КП306А-В	20	20	20	$5 \cdot 10^{-3}$ (15)	4 (15; 10)	3—8	5	5	0,7
КП350А-В	21	15	15	3,5** (15)	6 (15; 100)	⩾6	5	6	0,07

* Для КП306А—КП306В при $U_{СИ}$ = 20 В, $f = 10^4$ кГц; для КП350А—КП350В $U_{СИ}$ = 10 В, $f = 10^4$ кГц.

** Для КП350В $I_{С\ нач}$ = 6 мА.

12-15. ФОТОРЕЗИСТОРЫ И ФОТОЭЛЕМЕНТЫ

Фоторезисторы

Фоторезисторами называют полупроводниковые резисторы, сопротивление которых уменьшается при воздействии видимых световых или невидимых лучей (рис. 12-73).

К видимым лучам света наиболее чувствительны фоторезисторы ФСД и СФ-3, токопроводящие элементы которых представляют собой таблетки из селенида кадмия, и типов ФСК и СФ-2 с токопроводящими элементами из сернистого кадмия. Фоторезисторы ФСА и СФ-4, светочувствительные элементы которых представляют тонкий слой сернистого или селенистого свинца, нанесенный на стеклянную пластинку, более чувствительны к инфракрасным лучам, чем к видимому свету.

Токопроводящие элементы фоторезисторов заключены в пластмассовые или металлические кожухи с прозрачными окнами, через которые лучистая энергия воздействует на поверхность токопроводящих элементов.

Основные параметры фоторезисторов приведены в табл. 12-86, они соответствуют нормальной температуре окружающей среды $t_{окр} = 20°$ С (если нет иных оговорок).

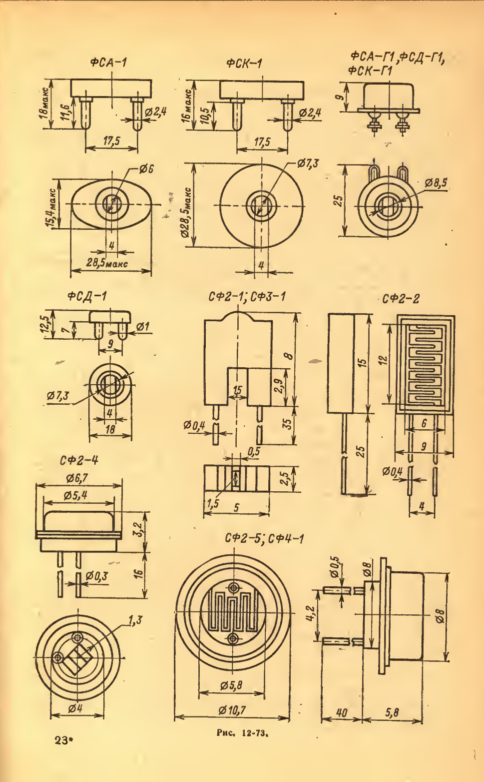
Таблица 12-86

Фоторезисторы

Тип фоторезистора	$R_т$	Кратность изменения сопротивления	$I_т$, мкА, не более	$I_{общ}$, мА, не менее	$P_{макс}$, мВт	$U_{макс}$, В	$\tau_н$, мс, не более	$\tau_с$, мс, не более
			Сернисто-свинцовые и селенисто-свинцовые					
ФСА-1	22 кОм—1 МОм	⩾1,2	—	—	10	100	0,04	0,04
ФСА-Г1	47—470 кОм	⩾1,2	—	—	10	100	0,04	0,04
СФ4-1	0,1—1000 кОм	⩾1,02	—	—	10	15	0,003	0,003
			Селенисто-кадмиевые					
ФСД-1, ФСД-Г1	⩾2,2 МОм	⩾150	10	1,5	50	20	40	20
СФ3-1	⩾30 МОм	⩾1500	0,5	0,75	10	15	60	10
			Сернисто-кадмиевые					
ФСК-1, ФСК-Г1	⩾3,3 МОм	⩾100	15	1,5	125	50	50	30
СФ2-1	⩾15 МОм	⩾500	1,0	0,5	10	15	80	20
СФ2-2	⩾2,0 МОм	⩾500	1,0	0,5	50	2	60	20
СФ2-4	⩾10 МОм	⩾500	1,0	0,5	10	50	125	35
СФ2-5	⩾1,0 МОм	⩾380	1,3	0,5	25	10	180	100

Примечание. Допускаемое отклонение темнового сопротивления сернисто-свинцового фоторезистора не более ±20%; для фоторезисторов других типов не нормируется.

Темновой ток $I_т$ — ток через фоторезистор, включенный в цепь с источником э. д. с., в отсутствие воздействия лучистой энергии. Для каждого типа фоторезистора нормируется максимальное значение $I_т$ при максимальном напряжении


ФСА-1
18макс
11,6
Ø2,4
17,5
Ø6
15,4макс
4
28,5макс
ФСК-1
16макс
10,5
Ø2,4
17,5
Ø7,3
Ø28,5макс
4
ФСА-Г1, ФСД-Г1,
ФСК-Г1
9
25
Ø8,5
ФСД-1
12,5
7
Ø1
9
Ø7,3
4
18
СФ2-1; СФ3-1
8
2,9
15
35
Ø0,4
0,5
2,5
1,5
5
СФ2-2
15
25
12
6
9
Ø0,4
4
СФ2-4
Ø6,7
Ø5,4
3,2
16
Ø0,3
1,3
Ø4
СФ2-5; СФ4-1
Ø5,8
Ø10,7
Ø0,5
Ø8
4,2
Ø8
40
5,8
Рис. 12-73.

$U_{макс}$. Фактическое значение темнового тока у большинства фоторезисторов в нормальных условиях на 1—2 порядка меньше.

Общий ток фоторезистора $I_{общ}$ (устаревшее название: световой ток) — ток через фоторезистор при воздействии на него лучистой энергии. Принято регламентировать для конкретных типов фоторезисторов минимальный общий ток при максимальном допускаемом напряжении и освещенности 200 лк. Среднее значение общего тока обычно в 2—5 раз больше указанного в табл. 12-86 минимального гарантируемого значения. Разность между значениями общего и темнового токов называется фототоком. Поскольку темновой ток в сотни раз меньше общего тока, между значениями фототока и общего тока практически нет разницы.

Темновое сопротивление $R_т$ — сопротивление фоторезистора в отсутствие освещенности его чувствительного элемента. Для каждого типа селенисто-кадмиевого и сернисто-кадмиевого фоторезистора установлено минимальное темновое сопротивление. Для большинства приборов его значение на 1—2 порядка больше.

Кратность изменения сопротивления — отношение темнового сопротивления фоторезистора к его сопротивлению при освещенности 200 лк.

Постоянная времени τ — время после освещения или затемнения (включения или выключения света), в течение которого общий ток через фоторезистор увеличивается или уменьшается на 63% от установившегося значения. Увеличение освещенности и повышение напряжения на фоторезисторе уменьшает время спа-

Таблица 12-87

Фотоэлементы

Тип фотоэлемента (фотокатод)*	$U_{и.п}$, В**	Интегральная чувствительность, мкА/лм	Темновой ток, А, не более	Размеры, мм, не более	
				D	h
СЦВ-3 (С)	240 (300)	110	1×10^{-8}	26	62
СЦВ-4 (С)	240 (300)	125	1×10^{-7}	39,5	129
СЦВ-51 (С)	240 (300)	80	1×10^{-8}	30	63
Ф-1 (С)	100 (300)	70	1×10^{-14}	40	103
Ф-2 (С)	100 (300)	15	1×10^{-8}	20	67
Ф-4 (С)	30 (300)	—	5×10^{-11}	42	103
Ф-5 (К)	30 (300)	—	5×10^{-11}	37	103
Ф-6 (В)	30 (300)	40	1×10^{-11}	33	76
Ф-7 (М)	100 (300)	—	1×10^{-11}	44,5	97
Ф-8 (С)	150 (300)	80	1×10^{-8}	26	62
Ф-10 (Г)	100 (300)	80	1×10^{-12}	72	100
Ф-13 (Г)	100 (300)	40	1×10^{-12}	40	62
Ф-16 (Щ)	100	100	1×10^{-13}	55	80
ЦГ-1 (К)	240 (300)	75	1×10^{-7}	56	131
ЦГ-3 (К)	240 (240)	100	1×10^{-7}	27	62
ЦГ-4 (К)	240 (300)	100	1×10^{-7}	39,5	129
Ф-21 (К)	100 (2000)	8,0	3×10^{-10}	41	36
Ф-22 (СКН)	100 (300)	50	1×10^{-13}	45	67
Ф-23 (К)	100 (300)	10	5×10^{-11}	42	48

* Сокращенные обозначения материалов фотокатодов: В — висмуто-серебряно-цезиевый; Г — сурьмяно-галиево-натриево-цезиевый; К — кислородно-серебряно-цезиевый; М — магниевый; С — сурьмяно-цезиевый; Щ — мультищелочной; СКН — сурьмяно-калиево-натриево-цезиевый.

** Без скобок указано номинальное значение напряжения питания, в скобках — максимально допускаемое его значение.

дания тока. Нормируется максимальное значение постоянной времени раздельно по нарастанию $\tau_н$ и по спаданию $\tau_с$ тока соответственно после включения и выключения источника света, создающего освещенность 200 лк.

Максимально допустимое постоянное напряжение $U_{макс}$, указанное в табл. 12-86, допустимо при освещенности фоторезистора 200 лк. При меньшей освещенности допускается большее напряжение, однако рассеиваемая на фоторезисторе мощность не должна превышать допустимой $P_{макс}$ для наибольшей возможной при эксплуатации температуры.

Фотоэлементы

Фотоэлемент представляет собой двухэлектродный электровакуумный прибор, служащий для преобразования световой энергии в электрическую. Под действием света, падающего на фотоэлектронный катод, нанесенный на внутреннюю поверхность стеклянного баллона (или на пластинку, закрепленную в определенном месте баллона), катод эмиттирует поток электронов.

Анодом служит проволочное кольцо (или пластинка из никеля), расположенное так, чтобы не мешать попаданию светового потока на катод.

В ионных фотоэлементах (ЦГ-1—ЦГ-4) баллоны заполнены разреженным газом.

Основные параметры фотоэлементов даны в табл. 12-87.

Темновой ток — ток в цепи прибора, полностью защищенного от воздействия излучений, в амперах.

Интегральная чувствительность — величина фототока, создаваемого в фотоэлементе световым потоком в один люмен.

В вакуумных фотоэлементах интегральная чувствительность составляет 20—90 мкА/лм, в ионных — 150—200 мкА/лм.

Кроме указанных параметров в табл. 12-87 даны значения номинальных и максимально допускаемых (в скобках) напряжений источника питания.

12-16. ИНТЕГРАЛЬНЫЕ МИКРОСХЕМЫ

Терминология

Интегральная микросхема (сокращенно: микросхема, МС) — конструктивно законченное миниатюрное электронное изделие с высокой плотностью упаковки электрически соединенных элементов, компонентов, кристаллов (см. далее), осуществляющее усиление, генерирование, преобразование или иную обработку электрических сигналов. Кристалл и компоненты МС, как правило, заключены в общий корпус — металлостеклянный, стеклянный, пластмассовый, керамический и т. п. (отдельные типы МС — бескорпусные, герметизированные компаундом).

Степень интеграции микросхемы определяется общим количеством входящих в нее транзисторов, диодов, резисторов и других элементов. Микросхему, содержащую до 10 элементов, называют микросхемой первой степени интеграции; содержащую от 11 до 100 элементов — микросхемой второй степени интеграции; содержащую от 101 до 1000 элементов — микросхемой третьей степени интеграции и т. д. Вместе с тем в технической литературе встречаются другие термины: МС, заключающие в себе более 150—200 элементов, называют «большими интегральными схемами» (бисами), а содержащие свыше 1000 элементов, — «сверхбольшими интегральными схемами» (сверхбисами).

Микросхема может выполнять роль какой-либо функциональной группы, функциональной части или устройства, например усилителя, триггера, логического элемента и т. п., либо являться его (ее) базовой частью. В последнем случае некоторые типы МС нормально функционируют при условии подключения к их выводам конденсаторов, катушек индуктивности, трансформаторов или иных внеш-

иих элементов, которые по своим размерам не могут быть размещены в объеме корпуса, принятого для МС данной серии.

Элемент интегральиой микросхемы — часть МС, выполняющая фуикцню какого-либо электрорадиоэлемента (транзистора, диода, резнстора, коидеисатора н т. п.), составляющая нераздельиое целое с кристаллом (подложкой), т. е. такая часть МС, которая ие может рассматриваться как самостоятельное изделие.

Компонеит интегральной микросхемы — часть МС, выполняющая функцию какого-либо электрорадиоэлемента, представляющая собой в начальиой стадии производства МС самостоятельное изделие и устанавливаемое в МС в процессе дальнейшего ее изготовления. Одним из иаиболее распространенных компонеитов являются бескорпусные траизисторы, применяемые в гибридных МС.

Кристалл интегральиой микросхемы — пластинка, изготовленная из полупроводника (обычно из моиокристаллического кремния), в объеме и иа поверхности которого сформироваиы элементы МС, межэлементные соединения и контактные площадки.

Полупроводииковая интегральная микросхема — МС, все элементы и межэлементные соедииения которой выполиены в объеме и на поверхности полупроводника. Элемеиты полупроводниковой МС изолированы от остального объема полупроводниковой пластины и друг от друга слоями двуокиси кремния или разделительными электронно-дырочиыми переходами. Транзисторы и диоды полупроводниковой МС, изготовленной по «совмещенной» технологии, образованы в объеме полупроводникового материала, а конденсаторы, резисторы и другие пассивные элементы — иа его поверхности.

Гибрндная интегральная микросхема — МС, содержащая кроме элемеитов компоненты и (или) кристаллы. Элемеитами гибридной МС обычно являются резисторы и конденсаторы постояниой емкости с отиосительно малыми емкостями (иногда катушки с малыми ииндуктивностямн), образуемые электропроводящими н диэлектрическими пленками, нанесеиными на поверхность подложкн, а компонентами — бескорпусиые транзисторы, диоды и конденсаторы относительио больших емкостей. Выводы компоиентов электрически соединены с элементами и межэлементными проводниками с применеиием специальиых технологических приемов — ультразвуковой сварки, термокомпрессии.

Гибридные МС, злемеиты и межэлементные соединения которых созданы методом иапылеиия плеиок иа поверхность подложек из стеклокерамикн или иного материала с высокими диэлектрическими свойствами, называют *тонкопленочными*.

Гибридиые МС, изготовлеиные нанесением иа подложки через сетчатые трафареты электропроводящих и диэлектрических паст (шелкография) с последующим их вжиганием в подложки при высокой температуре, называются *толстопленочными*.

Аиалоговая микросхема — ннтегральная МС, предназиаченная для усиления, генерирования, преобразоваиия или иной обработки сигиалов, изменяющихся по закону иепрерывной функции, иапример периодических электрических колебаний или постоянного тока.

Линейная микросхема — аиалоговая МС, нмеющая линейную вольт-амперную характеристику.

Цифровая микросхема — интегральиая МС, предназначенная для преобразования и обработки электрических сигиалов, изменяющихся по закону дискретиой фуикции. Активные элементы цифровой МС работают, как правило, в режиме переключеиия, причем два их состояния прииято обозначать символами 0 и 1.

Полярность выходного сигнала цифровой МС с одним источником питания совпадает с поляриостью последнего относительно «общего» провода. На выходах некоторых цифровых МС, питаемых от двух источииков с разиополярным включением, можно получить напряжения различной поляриости; последияя зависит от поляриости или (и) зиачения входиого сигнала.

Цифровые МС широко применяют в устройствах дискретной автоматики.

Логическая микросхема — цифровая МС, предназначенная для выполнения определенной логической математической функции. Основные области применения логических МС: электронные вычислительные машины, устройства обработки цифровой информации.

Микросборка — миниатюрное изделие, входящее в состав серии МС, отличающееся тем, что его компоненты (например, транзисторы, диоды, резисторы) имеют самостоятельные внешние выводы, что позволяет каждый из них испытать раздельно.

Микросборки из транзисторов, диодов, резисторов и конденсаторов называют также соответственно наборами транзисторов, диодов и т. д., или, если они соединены между собой внутри изделия по определенной схеме, — матрицами.

Условные обозначения серий и типов микросхем

Условное обозначение серии МС широкого применения состоит из буквы К и группы цифр, причем следующая непосредственно после буквы цифра 1, 5 или 7 указывает, что МС данной серии являются полупроводниковыми, а цифры 2, 4, 6, 8 — что микросхемы гибридные. Следующие две цифры являются порядковым номером разработки серии.

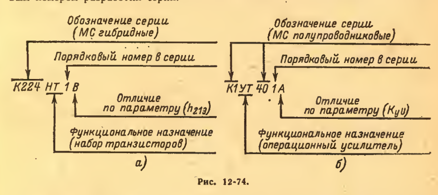


Рис. 12-74.

Условное обозначение типа МС. В него входят: обозначение серии, обозначение выполняемой МС функции (табл. 12-88) и порядковый номер МС данного функционального назначения в серии. В конце обозначения типа может быть буква, указывающая отличие МС по значению электрического параметра от МС с другой конечной буквой. При этом элементы условного обозначения типа МС могут быть расположены различно (сравните рис. 12-74, а, б). Последний способ обозначения — с разбивкой обозначения серии на две части буквами, указывающими выполняемую МС функцию, — применялся для изделий, разработанных до 1973 г.

Конструкции интегральных микросхем и их монтаж

Интегральные микросхемы выпускают в корпусах следующих типов.

Корпусы типа 1 — прямоугольные металлополимерные или металлостеклянные. Выводы круглого сечения (проволока ⌀ 0,3—0,6 мм) или прямоугольного сечения от 0,3 × 0,3 до 0,5 × 0,5 мм расположены перпендикулярно плоскости изготовленного из полимера основания корпуса. Остальные 5 стенок корпуса металлические.

Таблица 12-88

Обозначения функций интегральных микросхем

Обозначение		Выполняемая функция
по ГОСТ 18682-73	Прежнее	
АГ	ПМ	Формирователь прямоугольных импульсов (ждущий мультивибратор, блокинг-генератор и др.)
АФ	—	Формирователь импульсов специальной формы
ГС	ГС	Генератор гармонических колебаний (например, тока стирания и подмагничивания магнитофона)
ГГ	—	Генератор сигналов прямоугольной формы (автоколебательный мультивибратор, блокинг-генератор и др.)
ГФ	ГФ	Генератор сигналов специальной формы
ДА	ДА	Детектор амплитудный
ДИ	ДИ	Детектор импульсный
ДС	ДС	Детектор частотный
ЕВ	—	Выпрямитель
ЕН	ПП	Стабилизатор напряжения
ЕТ	—	Стабилизатор тока
—	КД	Ключ диодный
КН	—	Коммутатор напряжения
КТ	—	Коммутатор тока
—	КТ	Ключ транзисторный
ЛБ	ЛБ	Логическая схема И—НЕ, логическая схема ИЛИ—НЕ (схема Шеффера)
ЛИ	ЛИ	Логическая схема И (схема совпадений)
ЛЛ	ЛЛ	Логическая схема ИЛИ (собирательная схема)
ЛН	ЛН	Логическая схема НЕ (схема отрицания)
МА	МА	Модулятор амплитудный
МИ	МИ	Модулятор импульсный
МС	МС	Модулятор частотный
НД	НД	Набор диодов
НТ	НТ	Набор транзисторов
ПМ	—	Преобразователь мощности
ПН	ПН	Преобразователь напряжения
ПС	ПС	Преобразователь частоты
ПУ	—	Преобразователь уровня (согласователь)
ПФ	ПФ	Преобразователь фазы
ПП	ПП	Преобразователи различные
ТВ	—	Триггер универсальный с раздельной установкой состояний «0» и «1» (JK-триггер)
ТД	ТД	Триггер с динамическим запуском
ТК	ТК	Триггер с комбинированным запуском
ТЛ	ТШ	Триггер Шмидта
ТМ	—	Триггер с приемом информации по одному входу (D-триггер)
ТР	ТР	Триггер с раздельной установкой состояний «0» и «1» (RS-триггер)
ТТ	ТС	Триггер со счетным входом (T-триггер)
ТП	—	Прочие триггеры
—	УБ	Видеоусилитель
УВ	—	УВЧ

Продолжение табл. 12-88

Обозначение		Выполняемая функция
По ГОСТ 18682-73	Прежнее	
УД	УТ	Усилитель операционный
УД	УД	Усилитель дифференциальный
УЕ	УЭ	Повторитель (например, эмиттерный)
УИ	УИ	Усилитель импульсных сигналов
УМ	—	Усилитель индикации
УН	—	УНЧ
УР	—	УПЧ
—	УС	Усилитель синусоидальных сигналов*
УТ	УТ	УПТ
ХА	ЖА	Многофункциональная аналоговая МС (например, смеситель с гетеродином, детектор АМ сигналов с детектором АРУ и др.)
ХЛ	ЖЛ	Многофункциональная цифровая МС

* В некоторых случаях совмещенный с каскадами, выполняющими другие функции.

Корпусы типа 2 — прямоугольные металлополимерные. Из стенок корпуса, перпендикулярных плоскости основания, выходят ленточные выводы толщиной 0,15—0,40 мм; они могут изгибаться под углом от 90 до 105°.

Корпусы типа 3 — круглые металлостеклянные диаметром 7,5—9,5 и высотой 3,0—7,5 мм (по типу корпусов транзисторов малой мощности); 12 или 8 выводов круглого сечения (проволока диаметром 0,3—0,5 мм) выходят из стеклянной ножки корпуса перпендикулярно к ее плоскости.

Корпусы типа 4 — прямоугольные, стеклянные с выводами прямоугольного сечения, расположенными параллельно плоскости основания (такие выводы принято называть планарными).

Некоторые МС старых разработок имеют нестандартные корпуса, известные под названиями «Трап», «Тропа» и т. д.

Обозначение типоразмера стандартного корпуса МС состоит из трех групп цифр: первая цифра первой группы указывает номер типа корпуса, а две следующие являются шифром его конструктивного варианта и размеров. Второе число соответствует числу выводов МС и третье является порядковым номером разработки.

Общие виды наиболее распространенных МС в корпусах показаны на рис. 12-75.

Нумерация выводов МС, выполненных в плоских корпусах типа 1 с расположением выводов в один ряд, ведется от метки на корпусе около вывода *1*. Нумерация выводов МС в корпусах типа 1 с расположением выводов в два ряда и в корпусах типа 2 ведется также от метки на корпусе и продолжается во втором ряду в противоположном направлении.

У МС в круглых корпусах (тип 3) выводы нумеруются начиная от выступа на корпусе по часовой стрелке, если смотреть на МС со стороны выводов.

Вывод *1* МС в корпусе типа 4 расширен у места выхода из корпуса. Нумерация выводов идет от этого выхода слева направо, а в другом ряду она продолжается справа налево.

Общие правила монтажа микросхем. Микросхемы монтируют на печатных платах, на возможно большем удалении от компонентов аппаратуры, выделяющих большое количество тепла, вне магнитных полей трансформаторов, дросселей,

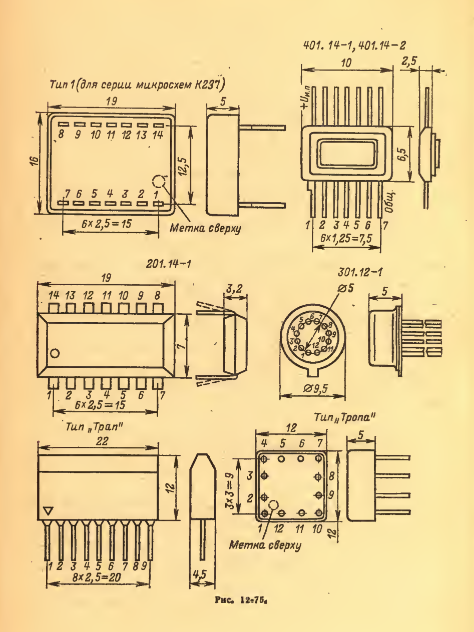

Тип 1 (для серии микросхем К237)
19
5
16
12,5
8 9 10 11 12 13 14
7 6 5 4 3 2 1
6×2,5=15
Метка сверху
401.14-1, 401.14-2
10
2,5
$+U_{и.п}$
6,5
Общ.
1 2 3 4 5 6 7
6×1,25=7,5
201.14-1
19
14 13 12 11 10 9 8
3,2
7
1 2 3 4 5 6 7
6×2,5=15
301.12-1
Ø5
5
Ø9,5
Тип „Трап"
22
12
1 2 3 4 5 6 7 8 9
8×2,5=20
4,5
Тип „Тропа"
12
4 5 6 7
5
3×3=9
3 2
8 9
1 12 11 10
12
Метка сверху

Рис. 12.75.

магнитов головок громкоговорителей. Расстояние между МС должно быть не менее 1,5 мм.

Между корпусом МС и монтажной платой должен быть зазор: для МС в корпусах типа 1 — 1,5 мм; МС в корпусах типа 3 можно устанавливать на печатную плату с зазором не более 3,5 мм. Между корпусом МС типа 4 и печатной платой помещают прокладку из электроизоляционного материала толщиной до 0,7 мм. Ее приклеивают к печатной плате и к МС нитроклеем или эпоксидным клеем. Рекомендуются клеи АК20 и мастика ЛН.

Формовку (изгибание) выводов круглых и ленточных и обжатие ленточных выводов МС следует производить с помощью монтажного инструмента так, чтобы исключалась механическая нагрузка на места крепления выводов. При этом радиус изгиба вывода должен быть не менее двойной толщины (диаметра) вывода, а расстояние от корпуса до центра окружности изгиба — не менее 1 мм.

При распайке выводов МС температура жала паяльника должна быть не более 280° С (для корпуса типа 4 — не более 265° С), время касания паяльника к каждому выводу не более 3 с, расстояние от места пайки до корпуса МС по длине вывода не менее 1 мм, интервал между пайками не менее 10 с. Требуемые температурные условия пайки можно обеспечить, применяя паяльник мощностью 50—60 Вт. Так как МС чувствительны к воздействию статического электричества, жало паяльника должно быть заземлено. Рекомендуется пользоваться низковольтным паяльником, включенным в электросеть через понижающий трансформатор с электростатическим экраном между его первичной и вторичной обмотками.

Корпусы и изоляторы выводов МС необходимо оберегать от брызг и паров паяльного флюса. После монтажа места пайки следует очистить от остатков флюса моющей жидкостью, не оказывающей вредного влияния на корпус и выводы МС.

После очистки от флюса плату с МС нужно покрыть защитным лаком. Наилучшим образом защищают от влаги лаки марок УР231 и Э4100.

Микросхемы рекомендуется использовать в облегченных электрических и температурных режимах по сравнению с номинальными.

Электрические параметры

Здесь приведены определения основных параметров МС и их буквенные обозначения с индексами в русской транскрипции, установленные ГОСТ 19480—74 и ГОСТ 19799—74. Если существенные признаки понятия содержатся в буквальном значении параметра, а буквенное обозначение является установившимся для РЭА, определение параметров не дается (например: входное и выходное напряжения $U_{вх}$, $U_{вых}$ и т. п.).

Определения и обозначения параметров элементов, входящих в диодные, транзисторные, резисторные и конденсаторные микросборки, аналогичны параметрам соответствующих дискретных элементов (см. § 12-12 и 12-14).

Измерение параметров МС производят в заданных электрических и температурных режимах.

Напряжение источника питания МС $U_{и.п}$.

Входное напряжение ограничения МС $U_{огр.вх}$ — наименьшее значение входного напряжения МС, при котором возникает ограничение выходного напряжения.

Напряжение срабатывания $U_{срб}$ — наименьшее значение напряжения постоянного тока на входе МС, при котором она переходит из одного устойчивого состояния в другое (параметр относится, например, к триггерам).

Напряжение смещения $U_{см}$ — значение напряжения постоянного тока на входе МС, при котором ее выходное напряжение равно нулю.

Остаточное напряжение $U_{ост}$ — падение напряжения на выходе пороговой МС, находящейся в открытом состоянии.

Выходное напряжение баланса МС $U_{вых.бл}$ (параметр относится к МС с двумя или большим числом выходов) — значение напряжения постоянного тока на каждом выходе МС относительно общего вывода, когда напряжение между выходами равно нулю.

Напряжение шумов, приведенное к входу МС $U_{ш.вх}$ — отношение напряжения собственных шумов на выходе МС при замкнутом накоротко входе к коэффициенту усиления напряжения МС.

Ток потребления $I_{пот}$ — значение тока, потребляемого МС от источника питания.

Ток короткого замыкания $I_{к.з}$ — значение тока, потребляемого МС от источника питания при короткозамкнутом выходе.

Ток холостого хода $I_{х.х}$ — значение тока, потребляемого МС от источника питания при отключенной нагрузке.

Входной ток $I_{вх}$ — ток, протекающий через входной вывод МС.

Выходной ток $I_{вых}$ — ток, протекающий в цепи нагрузки МС.

Разность входных токов $\Delta I_{вх}$ (для МС с несколькими входами) — разность значений токов, протекающих через входные выводы МС.

Ток утечки на входе $I_{ут.вх}$ — значение тока во входной цепи МС при закрытом входе.

Ток утечки на выходе $I_{ут.вых}$ — значение тока в выходной цепи МС при закрытом состоянии выхода.

Потребляемая мощность $P_{пот}$ — значение мощности постоянного тока, потребляемой МС от источника (источников) питания.

Рассеиваемая мощность $P_{рас}$ — разность между потребляемой мощностью и мощностью, отдаваемой МС в нагрузку.

Входное сопротивление $R_{вх}$ — отношение приращения входного напряжения МС к приращению активной составляющей входного тока.

Входная емкость $C_{вх}$ — отношение емкостной реактивной составляющей входного тока МС к произведению круговой частоты на синусоидальное входное напряжение.

Выходное сопротивление $R_{вых}$ — отношение приращения выходного напряжения МС к вызвавшему его приращению выходного тока.

Выходная емкость $C_{вых}$ — отношение емкостной реактивной составляющей выходного тока МС к произведению круговой частоты на вызванное им выходное напряжение.

Значения $R_{вх}$, $C_{вх}$, $P_{вых}$, и $C_{вых}$ регламентируются для заданного значения частоты сигнала.

Нижняя и верхняя граничные частоты полосы пропускания $f_н$, $f_в$ — наименьшая и наибольшие частоты, на которых коэффициент усиления МС уменьшается на 3 дБ от значения на заданной частоте, находящейся в полосе пропускания МС.

Полоса пропускания МС Δf — диапазон частот между частотами $f_в$ и $f_н$.

Центральная частота полосы пропускания $f_ц$ — значение частоты, равное $(f_в + f_н)/2$.

Частота среза амплитудно-частотной характеристики $f_{срз}$ — значение частоты АЧХ МС, на которой ее коэффициент усиления равен 0 дБ.

Коэффициент усиления напряжения $K_{у\,U}$ — отношение выходного напряжения МС к входному.

Коэффициент прямоугольности АЧХ МС $K_п$ — отношение полосы частот МС на уровне 0,01 или 0,001 к полосе пропускания на уровне 0,7 (—3 дБ).

Коэффициент гармоник МС $K_г$ — отношение среднеквадратического напряжения суммы всех гармоник сигнала, кроме первой, к среднеквадратическому напряжению первой гармоники.

Коэффициенты ослабления напряжения на нижней и верхней граничных частотах $K_{ос.н}$, $K_{ос.в}$ — отношение коэффициента усиления на частоте $f_н$ или $f_в$ соответственно к коэффициенту усиления на заданной частоте, находящейся в полосе пропускания МС.

Коэффициент неравномерности АЧХ $K_{нр}$ — отношение максимального значения выходного напряжения МС к минимальному значению в заданном диапазоне частот полосы пропускания (в децибелах).

Крутизна преобразования $S_{прб}$ — отношение выходного тока смесителя к вызвавшему его приращению входного напряжения МС; регламентируется при заданном напряжении гетеродина (в миллиамперах на вольт).

Крутизна прямой передачи линейного усилителя S* — отношение величины выходного тока к вызвавшему его напряжению входного сигнала; регламентируется для заданных значений f, $U_{вх}$ и $U_{и.п}$.

Коэффициент передачи детектора $K_д^*$ — отношение величины первой гармоники напряжения НЧ сигнала на выходе к напряжению ВЧ (ПЧ) входного сигнала МС; регламентируется для заданных значений: несущей частоты, модулирующей частоты (обычно 400 Гц) и коэффициента модуляции (обычно 30 или 80%) входного сигнала и сопротивления выходной нагрузки.

Коэффициент передачи преобразователя частоты $K_{прб}^*$ — отношение величины первой гармоники напряжения сигнала на выходе смесителя к напряжению входного сигнала МС, имеющему обычно более высокую частоту; регламентируется для заданных значений частот, напряжений питания и гетеродина и сопротивления выходной нагрузки.

Обозначения параметров МС могут содержать следующие дополнительные нижние индексы:

0 — значение параметра в отсутствие входного сигнала;

мин — минимальное значение параметра, при котором другие параметры МС или их изменения не превышают допустимых пределов;

макс — максимальное значение параметра, при котором другие параметры МС или их изменения не превышают допустимых пределов;

ср — среднее значение параметра;

А — амплитуда импульсов;

пр. доп. — предельно допускаемое значение параметра.

Обозначения параметров МС могут также содержать верхние индексы:

1 или (1) — для значений напряжения, тока и мощности, соответствующих логической единице;

0 или (0) — для значений напряжения, тока или мощности, соответствующих логическому нулю;

0,1 или (01) — для значений параметров, характеризующих длительность процессов перехода МС из состояния логического нуля в состояние логической единицы;

1,0 или (10) — для значений параметров, характеризующих длительность процессов перехода МС из состояния логической единицы в состояние логического нуля.

Указанные в таблицах параметры гибридных МС гарантируются только при емкостях внешних конденсаторов и сопротивлениях внешних резисторов, указанных на схемах включения.

Определять значения параметров каждого из входящих в МС элемента или компонента не представляется возможным (исключение: микросборки).

Обозначения компонентов на схемах включения МС

Внешние дискретные элементы, подключаемые к выводам МС с целью обеспечения нормального их функционирования, на приводимых далее схемах включения имеют следующие обозначения:

$C_{бл}$ — конденсатор блокировочный;
$C_{гет}$, $L_{гет}$ — конденсатор и катушка индуктивности контура гетеродина;
$C_{кор}$ — конденсатор, корректирующий АЧХ устройства с МС;
$C_{о.с}$ — конденсатор в цепи отрицательной обратной связи;
$C_р$ — конденсатор разделительный;
$C_{св}$, $L_{св}$ — конденсатор и катушка связи, например междукаскадной;

* Эти параметры ГОСТ 19480-74 и ГОСТ 19799-74 не установлены.

$C_{пч}$, $L_{пч}$ — конденсатор и катушка индуктивности резонансного контура, настроенного на промежуточную частоту;
$C_ф$, $R_ф$ — конденсатор и резистор развязывающего фильтра;
$R_б$ — балластный резистор;
$R_н$ — резистор выходной нагрузки МС;
$R_{огр}$ — резистор, ограничивающий ток заряда конденсатора;
$R_{рег}$ — резистор регулирующий или подстроечный;
$R_т$ — регулятор тембра;
$R_{см}$ — резистор, входящий в делитель напряжения смещения на базу одного из транзисторов МС;
$R_э$ — резистор в цепи эмиттера транзистора МС, стабилизирующий его режим.

Микросхемы для РВ и ТВ приемников

Линейные усилители. Параметры гибридных МС, предназначенных для выполнения функций УВЧ, УПЧ в РВ и ТВ приемниках, даны в табл. 12-89, типовые схемы их включения показаны на рис. 12-76.

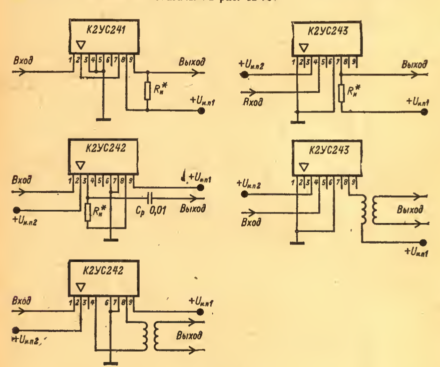


Рис. 12-76.

Таблица 12-90 и рис. 12-77 содержат аналогичную информацию по МС, используемым в качестве предварительных усилителей УНЧ с номинальной выходной мощностью до 3 Вт (см. § 4-2). Выход микросхемы К2УС244 связывается со входом оконечного транзисторного каскада с помощью трансформатора, а выходы осталь-

Таблица 12-89

Параметры гибридных микросхем — УВЧ и УПЧ

Тип микросхемы	Выполняемые функции	Частотная характеристика при неравномерности 12 дБ		S, мА/В, не менее	$R_{вх}$, Ом, не менее	$U_{и.п1}$, В	$U_{и.п2}$, В	$I_{пот}$, мА, не более
		$f_н$, МГц	$f_в$, МГц					
К2УС241	УВЧ, УПЧ (каскодный)	0,15	110, 12	30*	150***	5,4—12,0	—	4,0
К2УС242	УВЧ, УПЧ	0,15	33	25***	150***	3,6—9,0	3,0 ± 0,15	1,8
К2УС243	УВЧ, УПЧ	10	100	10**	150	3,6—9,0	3,0 ± 0,15	1,8

* На частоте $f \leqslant 30$ МГц.
** На частоте $f > 30$ МГц.
*** На частоте $f = 10$ МГц.

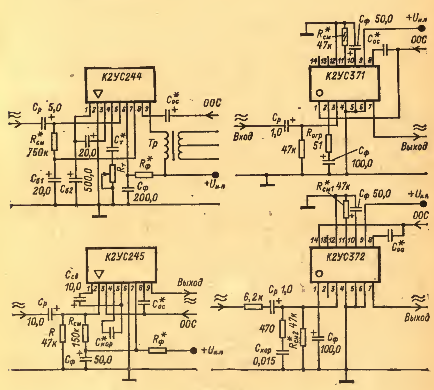


Рис. 12-77.

ных МС соединяются непосредственно с цепями баз транзисторов фазоинвертирующего каскада (*ООС* — цепь отрицательной обратной связи с выхода оконечного усилителя).

Таблица 12-90

Параметры предварительных УНЧ

Тип микросхемы (корпус)	Частотная характеристика *		$K_{y\,U}$, дБ, не менее	$R_{вх}$, кОм, не менее	$U_{н.п}$, В
	$f_н$, Гц	$f_а$, кГц			
К2УС244 («Трап»)	80	20	40	20	5,4—9,0
К2УС245 («Трап»)	80	20	38	15	5,4—12,0
К2УС371 (тип 1)	60	10	35	—	5,6—9,0
К2УС372 (тип 1)	50	15	37	—	7,2—15,0

* Для микросхем К2УС371 и К2УС372 при неравномерности 6 дБ, для К2УС245 — 3 дБ.

Таблица 12-91

Параметры преобразователей частоты РВ приемников

Параметры	Тип микросхемы (корпус)		
	К2ЖА241 («Трап»)	К2ЖА242 («Трап»)	К2ЖА371 (тип 1)
$f_н$, МГц	10 (65)	0,15 (0,5)	0,15
$f_в$, МГц	110 (120)	30 (30)	15
$K_{ос.а}$, дБ	12	12 (10)	5
$S_{прб}$, мА/В, не менее	4,0	18	—
$K_{прб}$, не менее	—	—	100
$U_{гет}$, мВ, не менее	40	—	300
$R_{ое}$, кОм	—	—	10 (4,0)
$U_{вх}$, Ом, не менее	150	500	—
$U_{н.п1}$, В	3,0—5,0	3,6—9,0 (3,0—5,0)	3,6—6,0
$I_{пот}$, мА, не более	3,8	1,8 (2,0)	3,0

Примечания: 1. В скобках указаны регламентируемые параметры для гетеродина.
2. $K_{ос.а}$ — коэффициент ослабления по сравнению с уровнем напряжения на частоте $f_н$.
3. Входное сопротивление $R_{вх}$ — для смесителя при $f = 10$ МГц.
4. Напряжение гетеродина $U_{гет}$ для МС К2ЖА371 на частоте 15 МГц.
5. Коэффициент шума МС К2ЖА371 не превышает 6 дБ.

Все эти МС выполнены в корпусах «Трап» (серия К224) и типа 1.

Преобразователи частоты. Микросхемы К2ЖА241, К2ЖА242 и К2ЖА371 (табл. 12-91, рис. 12-78) содержат элементы смесителя и отдельного гетеродина для преобразователей частоты сигналов РВ станций; микросхема К2ЖА371, кроме того, имеет предварительный апериодический каскад УВЧ с регулируемым автоматическим усилением. Микросхема К2ЖА241 предназначается для исполь-

зования в УКВ блоках РВ приемников, а остальные две — в преобразователях частоты диапазонов КВ, СВ и ДВ.

На микросхему К2ЖА371 напряжение АРУ, имеющее значение в пределах 0—6 В, должно поступать с детектора на выходе УПЧ.

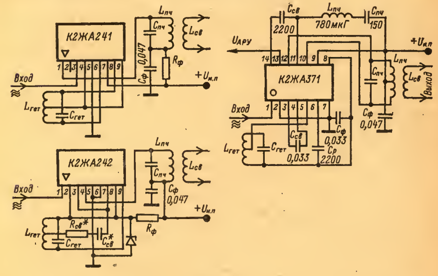


Рис. 12-78.

Коэффициент шума микросхемы К2ЖА371 на частоте 0,15 МГц не более 6 дБ.

Детекторы сигналов. М и к р о с х е м а К2ЖА243 (рис. 12-79) содержит диодный детектор, преобразующий модулированный по амплитуде ВЧ (ПЧ)

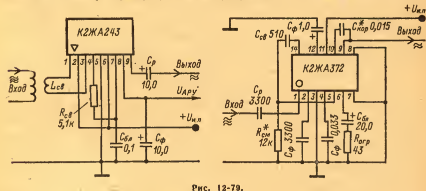


Рис. 12-79.

сигнал в низкочастотный, диодный детектор АРУ и усилитель АРУ. Корпус типа «Трап».

Номинальная несущая частота входного сигнала МС 465 кГц; на этой частоте $R_{вх} \geqslant 500$ Ом, коэффициент передачи детектора $K_д$ не менее 0,5 при выходной

нагрузке 20 кОм, коэффициент гармоник $K_г$ не более 3,5%. Номинальное напряжение питания $U_{н.п} = 3$ В ± 5%, $I_{пот} \leqslant 1{,}2$ мА.

Микросхема К2ЖА372 выполняет функции широкополосного УПЧ с детектором АМ сигналов на выходе; кроме того, она содержит детектор, вырабатывающий напряжение АРУ. Корпус типа 1.

При номиналах внешних резисторов и конденсаторов, указанных на схеме включения (рис. 12-78), на частоте 465 кГц коэффициент передачи напряжения не менее 60 дБ. Входное сопротивление усилителя 430—1000 Ом; коэффициент гармоник $K_г$ выходного НЧ сигнала не более 3% (при входном напряжении 300 мкВ, частоте модуляции 400 Гц и глубине модуляции 80%).

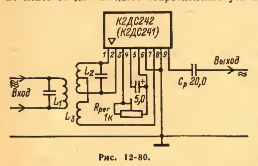


Рис. 12-80.

При изменении входного напряжения от 50 мкВ до 3 мВ (на 36 дБ) величина выходного НЧ сигнала изменяется не более чем на 2 дБ. Напряжение питания $U_{н.п} = 3{,}6 \div 6{,}0$ В; $I_{пот} \leqslant 4$ мА.

Микросхемы К2ДС241 и К2ДС242 выполняют функции детекторов ЧМ сигналов. Построены по типовой схеме детектора отношений в корпусе типа «Трап». Предназначаются для использования в УКВ трактах РВ приемников, а также в трактах звукового сопровождения телевизоров. На рис. 12-80 показано подключение входного трансформатора (катушки индуктивности L_1, L_2, L_3). Подстроечный резистор $R_{рег}$ служит для симметрирования плеч детектора. Выход МС соединяют со входом УНЧ. При сопротивлении выходной нагрузки 20 кОм $K_д \geqslant 0{,}15$. Рабочий диапазон частот входного сигнала МС К2ДС241 и К2ДС242 6—20 МГц. В МС К2ДС241 в качестве диодов использованы коллекторные переходы кремниевых транзисторов, базы которых соединены накоротко с эмиттерами, а в К2ДС242 применены германиевые точечные диоды.

Микросхемы для ТВ приемников

Параметры МС, предназначенных для выполнения функций УПЧИ, УПЧЗ и каскадов видеоусилителей, даны в табл. 12-92, а типовые схемы включения этих МС — на рис. 12-81. Все эти МС выполнены в корпусах типа «Трап».

Вывод 6 К2УБ242 (рис. 12-81) соединяется с блоком цветности.

Переменный резистор $R_{рег}$ является регулятором яркости изображения.

Усилитель К2УС2412 (рис. 12-81) содержит два канала с общим входом (вывод 4) и раздельными выходами (выводы 1 и 9). Резисторы $R_{н1}$ и $R_{н2}$ являются внешними нагрузками выходных эмиттерных повторителей усилительных каналов. Внешний резонансный контур $L_кC_кR_к$ и конденсатор $C_{св}$ обеспечивают связь между оконечным и предоконечным каскадами канала с выходом 2.

Микросхема К2ЖА245 (рис. 12-82) используется в ключевой АРУ телевизора. Вырабатывает напряжения, управляющие усилением селектора телевизионных каналов и УПЧИ. Напряжения зависят от уровня видеосигнала, поступающего на вход с предварительного видеоусилителя. Подстроечным резистором $R_{зад}$ устанавливают время задержки АРУ, а подстроечным резистором $R_{рег}$ — глубину ее регулировки усиления.

Номинальные значения: $U_{и.п} = 24$ В, $I_{пот} \leqslant 20$ мА.

Микросхема К2ЖА246 выполняет функции усилителя-ограничителя блока чувствительности телевизора с цветным изображением. На вход 2 (рис. 12-83) поступает сигнал с каскада опознавания цвета. Вывод 2 соединяется

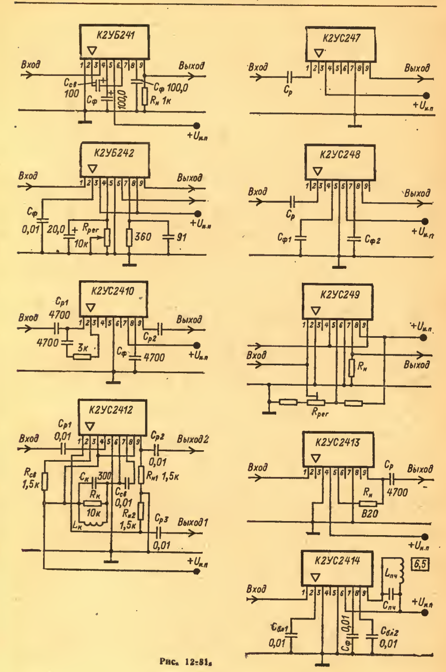

К2УБ241
Вход
Выход
$C_{св}$
100
$C_ф$
100,0
$C_ф$ 100,0
$R_н$ 1к
$+U_{и.п}$
К2УБ242
Вход
Выход
$C_ф$
0,01
20,0
$R_{рег}$
10к
360
91
$+U_{и.п}$
К2УС2410
$C_{р1}$
4700
Вход
Выход
4700
3к
$C_{р2}$
$C_ф$
4700
$+U_{и.п}$
К2УС2412
$C_{р1}$
0,01
Вход
$C_{р2}$
Выход 2
0,01
$R_{св}$
1,5к
$C_к$
300
$C_{св}$
0,01
$R_{н1}$ 1,5к
$R_к$
10к
$R_{н2}$
1,5к
$L_к$
$C_{р3}$
Выход 1
0,01
$+U_{и.п}$
К2УС247
Вход
$C_р$
Выход
$+U_{и.п}$
К2УС248
Вход
$C_р$
Выход
$C_{ф1}$
$C_{ф2}$
$+U_{и.п}$
К2УС249
$+U_{и.п}$
Вход
$R_н$
Выход
$R_{рег}$
К2УС2413
Вход
$C_р$
Выход
$R_н$
4700
820
$+U_{и.п}$
К2УС2414
6,5
$L_{пч}$
Вход
$C_{пч}$
$+U_{и.п}$
$C_{бл1}$
0,01
0,01
$C_{бл2}$
0,01
$C_{св}$

Рис. 12-81ₐ

с регулятором насыщенности. Резистор $R_{рег}$ служит для установки уровня выходного сигнала. Резонансный контур $L_к C_к$ является выходной нагрузкой усилителя.

Таблица 12-92

Параметры гибридных микросхем — усилителей телевизоров

Тип микросхемы	Выполняемая функция	Частотная характеристика		K_{yU} не менее	S, мА/В, не менее	$I_{пот}$, мА, не более
		$f_н$	$f_в$			
К2УБ241	Видеоусилитель предварительный	25 Гц	6,5 МГц	2	—	15,0
К2УБ242	Видеоусилитель предварительный	25 Гц	6,5 МГц	20	—	10,0
К2УС246	УПЧИ регулируемый	30 МГц	45 МГц	—	25	8,0
К2УС247	УПЧИ выходной (каскодный)	30 МГц	45 МГц	—	70	28,0
К2УС248	УПЧЗ	4,0 МГц	10 МГц	—	1000	15,0
К2УС249	Универсальный	0,5 МГц	50 МГц	—	20	4,0
К2УС2410	Выходной, устройства задержки блока цветности	3,0 МГц	6,0 МГц	10	—	15,0
К2УС2412	Выходной, устройства задержки блока цветности	3,0 МГц	6,0 МГц	10	—	30,0
К2УС2413	УПЧИ (каскодный)	30 МГц	45 МГц	—	25	8,0
К2УС2414	УПЧЗ	4,0 МГц	10 МГц	—	2000	12,0

Примечания: 1. Неравномерность усиления в полосе пропускания МС типов К2УС246 и К2УС2413 — 1 дБ, К2УС247, К2УС248 и К2УС2414 — 3 дБ, К2УС249 и К2УС2410 — 6 дБ, К2УС241 — 10 дБ.

2. Значения K_{yU} указаны при сопротивлении нагрузки 100 Ом; значения K_{yU} и S регламентируются для УПЧИ на частоте $f = 35$ МГц, для видеоусилителей, УПЧЗ и универсального усилителя К2УС249 на $f = 6,5$ МГц.

3. Значения тока потребления $I_{пот}$ указаны для номинального значения $U_{н.п} = 12$ В.

Рабочий диапазон частот МС составляет 3—6 МГц. На его средней частоте крутизна переходной характеристики со входа *1* не менее 0,5 А/В. Номинальное напряжение питания $U_{н.п} = 12$ В.

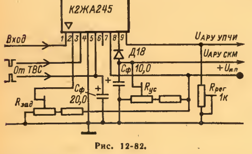


Рис. 12-82.

Микросхема К2СА241 (рис. 12-84) выполняет функции амплитудного селектора блока разверток. На ее вход поступает полный видеосигнал с предварительного видеоусилителя. С выходов *1* и *2* противофазные импульсы с амплитудой около 8 В подают на устройство АПЧ и Ф устройства строчной развертки. Кроме того, с выхода *2* импульсы поступают на вход интегрирующего каскада, формирующего импульсы синхронизации кадровой развертки. Вывод *3* МС соединяют с регулятором контрастности (в телевизоре с цветным изображением).

Микросхема К2УС2411 (рис. 12-85) выполняет функции матрицы RGB канала цветности, т. е. служит для восстановления в телевизоре

«зеленого» цветоразностного сигнала E'_{G-Y}. «Синий» E'_{B-Y} и «красный» E'_{R-Y} цветоразностные сигналы поступают на два входа МС, «зеленый» цветоразностный сигнал получают на выходе.

Рабочий диапазон частот матрицы составляет 0—2 МГц, $K_{yU} \geqslant 2$, $U_{и.п} = 12$ В.

Микросхема К2ТС241 представляет собой универсальный симметричный триггер на двух транзисторах с раздельными входами (выводы *5* и *7* от баз

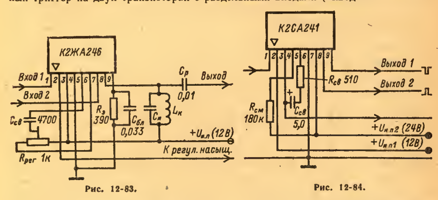


Рис. 12-83. Рис. 12-84.

транзисторов — см. рис. 12-86), а также со счетным входом через диоды (вывод *9*) и входом через конденсаторы (вывод *6*). Чувствительность триггера по входу *9* не хуже 1,8 В и по входу *6* — не хуже 4 В. При $U_{и.п} = 12$ В $\pm$ 10% и нагрузке 6 кОм амплитуда прямоугольных импульсов на выходах (выводы *1* и *4*) не менее 9 В при длительности их фронтов не более 3 мкс; частота следования импульсов 10—20 кГц.

Используют МС К2ТС241 в блоке цветности телевизора для вырабатывания импульсов, управляющих работой электронного коммутатора прямого и задер-

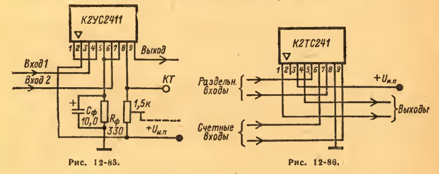


Рис. 12-85. Рис. 12-86.

жанного сигналов, в устройстве опознавания цветовых сигналов и в качестве триггера кадровых импульсов.

Микросхема К2КТ241 представляет собой транзисторный ключ, способный обеспечить частоту переключения сигналов 3—6 МГц. Коэффициент передачи ключа не менее 0,8, коэффициент подавления сигнала закрытым ключом — не менее 40 дБ. Номинальное напряжение питания $U_{и.п} = 12$ В $\pm$ 10%, $I_{пот} \leqslant 15$ мА.

Из двух МС К2КТ241 составляют электроииый коммутатор блока цветности ТВ пряемника (см. разд. 3). При этом на входы МС (рис. 12-87) подают прямой и задержанный сигналы, иа выходе одиой из них получают «синий», а на выходе другой — «красный» цветоразностиый сигналы. Коммутирование входов и выходов осуществляется импульсами, подаваемыми иа выводы *2* и *8* с триггера, выполненного в виде МС К2ТС241.

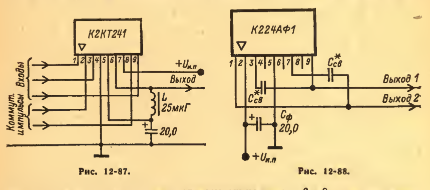


Рис. 12-87. Рис. 12-88.

Микросхема К224АФ1 содержит основные элементы и компоненты мультивибратора, частота колебаний которого зависит от емкостей внешних конденсаторов связи $C_{св}$ (рис. 12-88).

При $U_{и.п} = 9$ В + 20% на нагрузке 15 кОм амплитуда импульсов составляет 7 В. Длительность импульсов — 95—135 мс; $I_{пот} \leqslant 6$ мА.

Микросхемы для магнитофонов

Микросхема К2УС373 содержит основные элементы и компоненты универсального усилителя записи-воспроизведения. Типовая схема включения этой МС приведена на рис. 12-89.

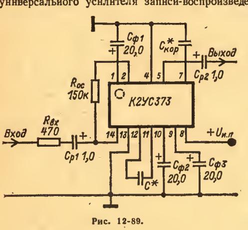


Рис. 12-89.

Основные параметры МС при $U_{и.п} = 5$ В ± 10%: $I_{пот} \leqslant 2{,}5$ мА; $K_{yU} = 63 \div 70$ дБ; напряжение шумов на выходе не более 2 мВ (при к. з. входе); $f_н = 30$ Гц, $f_в = 15$ кГц.

В режиме воспроизведения: $U_{вых} = 0{,}35$ В при $U_{вх} = 250$ мкВ, $f = 400$ Гц. Уровень шумов на выходе — (43 ÷ 46) дБ по отношению к $U_{вых} = 0{,}35$ В при отдаче магнитной головки $U_{вх} = 250$ мкВ, скорости ленты 4,76 см/с, на частоте 400 Гц.

В режиме записи: $U_{вых} = 0{,}35$ В при $U_{вх} \leqslant 150$ мкВ; уровень шумов — (43 ÷ 50) дБ по отношению к $U_{вых} = 0{,}35$ В. Коэффициент гармоник $K_г \leqslant 1\%$ при $U_{вых} = 1{,}1$ В; $K_г = 0{,}25 \div 0{,}5\%$ при $U_{вых} = 0{,}35$ В.

Микросхема К2ЖА373 содержит основные элементы и компоненты оконечного усилителя записи, совмещенного с усилителем и выпрямителем инди-

катора уровня сигнала. Рассчитана МС на подключение магнитной головки УГ9/I (12 мГ ± 20%, 50 Ом ± 1,5%). В качестве указателя уровня записи используется микроамперметр М478/3.

Основные параметры при $U_{и.п} = 5$ В ± 10%: $I_{пот} \leqslant 3$ мА; $K_{yU} = 40 \div 50$ дБ при подаче входного сигнала на вывод *1*; $K_{yU} = 16 \div 18$ дБ при подаче входного сигнала на вывод *14*; $K_г \leqslant 0{,}5\%$ при $U_{вых} = 0{,}8$ В; $K_г \leqslant 1\%$ при $f_н = 40$ Гц, $f_в = 12$ кГц.

Типовая схема включения МС К2ЖА373 приведена на рис. 12-90. Выводы *3* и *11* служат для подключения внешних цепей, обеспечивающих требуемую форму

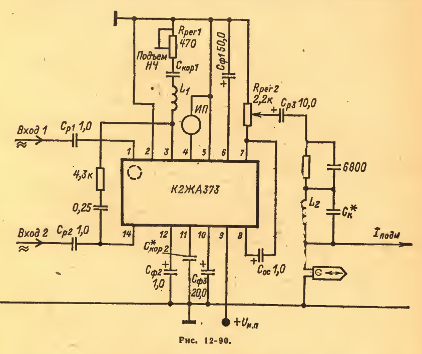


Рис. 12-90.

АЧХ. Цепь $L_1C_{кор1}R_{рег1}$ создает подъем усиления в области нижних частот; при этом входной сигнал подают на вывод *1*. С помощью подстроечного резистора $R_{рег1}$ изменяют подъем усиления в области нижних частот, а с помощью переменного резистора $R_{рег2}$ устанавливают уровень сигнала на головке записи.

Микросхема К2ГС371 содержит транзисторный стабилизатор напряжения, используемый для питания усилителей магнитофона, и транзисторы двухтактного генератора тока стирания и подмагничивания. Типовая схема включения этой МС приведена на рис. 12-91.

Стабилизатор напряжения выполнен по компенсационной схеме (см. § 9-6); делитель выходного напряжения состоит из ряда соединенных последовательно постоянных резисторов с различными номинальными сопротивлениями; концы делителя выведены к выводам *6* и *11*, промежуточные выводы — *4, 5, 8*.

$U_{вх.стаб} = 6 \div 10$ В. Номинальное значение выходного напряжения $U_{вых.стаб} = 5$ В ± 10% определяется типом применяемого внешнего стабилитрона, который подключают к выводам *7* и *3*; $U_{вых.стаб}$ в некоторых пределах

можно изменять соединением в различных комбинациях отводов от секций делителя напряжения, устанавливая тем самым значение этого напряжения в заданных пределах. Ток нагрузки стабилизатора $I_{вых} \leqslant 25$ мА.

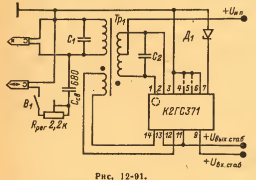


Рис. 12-91.

Генератор тока стирания и подмагничивания выполнен по двухтактной схеме с внешним трансформатором $Тр_1$, с одной из обмоток которого подается напряжение положительной обратной связи на базы транзисторов (через выводы *12* и *14* микросхемы). Частота генерируемых колебаний определяется емкостями конденсаторов и индуктивностями обмоток трансформатора, к которым эти конденсаторы подключены. Подстроечный резистор $R_{рег}$ служит для регулирования тока подмагничивания.

При напряжении питания $U_{н.п} = 9$ В: $I_{пот} \leqslant 35$ мА, ток стирания 80—100 мА, ток подмагничивания 0,7—1,5 мА.

Все микросхемы выполнены в корпусах типа 1.

Операционные усилители

Операционные усилители широко применяют в устройствах автоматического управления (см. разд. 8) и в ЭВМ. Они представляют собой двухвходовые широкополосные усилители с гальваническими междукаскадными связями, обладающие большими коэффициентами усиления (табл. 12-93). Выходные каскады операционных усилителей выполнены по схеме эмиттерного повторителя, что обеспечивает малое выходное сопротивление.

Таблица 12-93

Параметры полупроводниковых микросхем — операционных усилителей

Тип микросхемы	$I_{вх}$, мкА, не более	$\Delta I_{вх}$, мкА, не более	$U_{вых}$, В, не менее	$U_{см}$, мВ, не более	K^*_{yU}	$U_{и.п1}$, $U_{и.п2}$, В**	$I_{пот}$, мА, не более
К1УТ401А	8,0	± 3,0	± 2,8	± 10	$(0,4 \div 4,5) \cdot 10^3$	6,3	4,2
К1УТ401Б	12,0	± 3,0	± 5,7	± 10	$(1,3 \div 12) \cdot 10^3$	12,6	8,0
К1УТ402А	1,5	± 0,5	± 10	± 10	$(20 \div 200) \cdot 10^3$	12,6	12,0
К1УТ402Б	1,5	± 0,5	± 3,0	± 10	$(3,0 \div 35) \cdot 10^3$	6,3	7,0

*Для К1УТ401А, К1УТ401Б при сопротивлении нагрузки $R_н = 5,1$ кОм, для К1УТ402А, К1УТ402Б при $R_н = 1,0$ кОм.
**Допускаемые отклонения не более ± 5%.

Операционные усилители могут быть использованы как для усиления постоянного тока, так и для усиления сигналов с частотами до нескольких мегагерц.

Обычно операционный усилитель охватывают глубокой ООС; резко уменьшая коэффициент усиления по напряжению, обратная связь делает параметры усилителя мало зависящими от питающих напряжений и окружающей температуры.

Питание операционного усилителя осуществляют от двух источников с одинаковыми напряжениями различной полярности $U_{и.п1}$ и $U_{и.п2}$ (рис. 12-92).

Прн подаче управляющего сигнала на вход, обозначенный на схеме знаком «+», выходной сигнал имеет такую же полярность, как и входной, а при подаче управляющего сигнала на вход, обозначенный знаком «—» («инвертирующий» вход), полярность выходного сигнала обратна полярности входного. Если же значения сигналов на обоих входах одинаковы, выходное напряжение практически равно нулю.

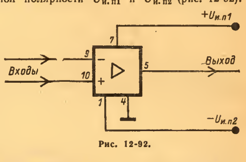


Рис. 12-92.

Операционные усилители типов, приведенных в табл. 12-93, выполнены в металлическом корпусе типа 301.1-12.

В зависимости от схемы входной цепи и структуры цепи обратной связи операционный усилитель может осуществлять суммирование, интегрирование, дифференцирование или инвертирование (поворот фазы на 180°) входных электрических сигналов.

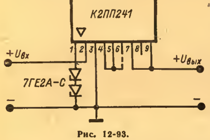


Рис. 12-93.

Разные микросхемы и микросборки

Микросхема К2ПП241 может быть использована в качестве базового узла стабилизатора напряжения по компенсационной схеме (см. § 9-6) с током нагрузки $I_{вых} \leqslant 4$ мА. В МС имеется делитель выходного напряжения, образуемый постоянными резисторами с различными номинальными сопротивлениями (с него подается напряжение на базу транзистора МС, выполняющего функцию усилителя). Выводы *3* и *7* МС (рис. 12-93) являются началом и концом делителя напряжения.

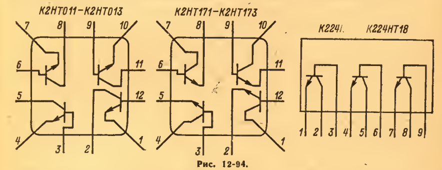


Рис. 12-94.

Входное напряжение стабилизатора $U_{вх} = 5,4 \div 12$ В. Значение выходного напряжения $U_{вых} = 3 \div 4$ В определяется параметрами двух соединенных последовательно внешних селеновых стабисторов 7ГЕ2А-С. Коэффициент стабилизации напряжения $K_{ст} \geqslant 5$.

Для увеличения тока через стабисторы выводы *5* и *6* следует замкнуть накоротко.

Выполнена МС в корпусе типа «Трап».

Таблица 12-94

Транзисторные микросборки*

Тип микросборки	$U_{КЭ\ макс}$**, В	$U_{ЭБ\ макс}$, В	$I_{К\ макс}$, мА	$h_{21Э}$	$f_{гр}$, МГц, не менее	$U_{КЭ\ нас}$, В, не более	$I_{КБО}$, мкА, не более	$C_к$, пФ, не более
К2НТ011	5,0	3,5	15	13	—	0,30	5,0	5,0
К2НТ012	5,0	3,5	15	22	—	0,30	5,0	5,0
К2НТ013	5,0	3,5	15	35	—	0,33	5,0	5,0
К2НТ171	10,0	—	20	30—90	—	0,33	1,0	—
К2НТ172	10,0	—	20	15—150	—	0,33	1,0	—
К2НТ173	10,0	—	20	70—280	—	0,33	1,0	—
К224НТ1А	10,0***	3,5	15	30—90	300	0,70	0,5	5,0
К224НТ1Б	10,0***	3,5	15	50—150	300	0,70	0,5	5,0
К224НТ1В	10,0***	3,5	15	70—280	300	0,70	0,5	5,0

* Обозначения параметров согласно § 12-14.

** При $R_{БЭ} \leqslant 3$ кОм.

*** Для микросборок К224НТ1А — К224НТ1В указаны значения $U_{КБ\ макс}$.

Транзисторные микросборки (рис. 12-94, табл. 12-94). Одна транзисторная микросборка может заменить 3—4 транзистора при конструировании приемно-усилительной или иной аппаратуры.

Микросборки К2НТ011—К2НТ013 выполнены в корпусах типа «Тропа», а микросборки К224НТ1А—К224НТ1В в корпусах типа «Трап».

АНТЕННЫ

РАЗДЕЛ 13

СОДЕРЖАНИЕ

13-1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Виды поляризации радиоволн

Передающая антенна преобразует энергию токов радиочастоты, поступающую на ее вход по фидерной линии с выхода передатчика, в энергию радиоволн. Приемная антенна преобразует энергию радиоволн в энергию токов радиочастоты, которая поступает по фидерной линии (кабелю, проводу снижения) на вход приемника.

Радиоволны характеризуются в каждой точке пространства величиной и направлением электрического поля **E** и магнитного поля **H** (рис. 13-1). Эти поля графически изображают в виде взаимно перпендикулярных направленных отрезков (векторов), расположенных в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны. В зависимости от расположения в пространстве вектора **E** (линия действия электрических сил) различают *вертикально* и *горизонтально поляризованные волны*. Вертикальной поляризации соответствует вертикальное расположение вектора **E** и горизонтальное расположение вектора **H** (рис. 13-1, *а*); горизонтальной поляризации — горизонтальное расположение вектора **E** и вертикальное расположение вектора **H** (рис. 13-1, *б*).

Вид поляризации радиоволн определяется конструкцией передающей антенны. Антенны из вертикальных проводников (например, вертикальный вибратор) излучают вертикально поляризованные волны, из горизонтальных проводников — горизонтально поляризованные.

Конструкция приемной антенны должна соответствовать поляризации принимаемых радиоволн. Для прнемв вертикально поляризованных рвдиоволн применяется вертикальный вибратор или вертикально расположенная рамка, горизонтально поляризованных волн — горизонтальный вибратор илн горизонтально расположенная рвмка. При радиопередачах используются радиоволны обоих видов поляризаций. Радиовещательные передачи на ДВ, СВ и КВ ведутся с помощью вертикально поляризованных волн, а РВ передачи на УКВ с ЧМ ведутся с помощью горизонтально поляризованных волн. ТВ передачи в нашей стране ведутся в основном также с помощью горизонтально поляризоввнных волн.

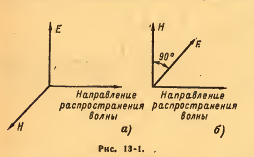


Рис. 13-1.

Следует отметить, что в зависимости от условий распространения радиоволн поляризация их в месте прнема может отличаться от поляризацни в месте излучения. Изменение поляризации радиоволн является особенно существенным в диапазоне декаметровых волн прн дальнем ионосферном распространении. В этом случае полярнзация радиоволн может быть пронзвольной н значительно меняться во времени.

Краткие сведеиия о распростраиеиии радиоволн

Распространение радиоволн может происходить с помощью поверхностных (земных) и пространственных волн. Поверхностная волна распространяется в непосредственной блнзостн к земной поверхности, пространственная — путем однократных илн многократных отражений от земли и ионосферы, представляющей собой слой заряженных частиц (ноны и свободные электроны), окружающий Землю. Нижняя граница ионосферы расположена на высоте около 80 км, верхняя — около 400 км. Способность радиоволн отражаться от ионосферы определяется соотношением между частотой радиоволны f н критической частотой ионосферы $f_{кр}$, зависящей от концентрации свободных электронов в еднннце ее объема. Если $f < f_{кр}$, то волна отражается от ионосферы, если же $f > f_{кр}$, то волна свободно проходит сквозь ионосферу и обратно к Земле не возвращается. В среднем крнтическая частота ионосферы составляет примерно 30 МГц ($\lambda = 10$ м). Следовательно, ДВ, СВ и КВ, частоты которых меньше критической, отражаются от ионосферы и могут распространяться в виде пространственных волн. УКВ, частота которых превышает крнтическую, от ноносферы отражаться не могут и распространяются только в виде поверхностных волн.

Мириаметровые и километровые волиы. К мириаметровым волнам относятся волны длиной более 10 000 м (диапазон «очень низких частот» ОНЧ), к километровым — от 10 000 до 1000 м (днапазон «низких частот» НЧ). В диапазоне НЧ и ОНЧ поверхностные волны обладают ярко выраженной способностью к дифракцни, т. е. к огибанию кривизны земного шара. Поэтому они могут распространяться на расстояние в несколько тысяч кнлометров. До расстояний 300—400 км распространение происходит только с помощью поверхностной волны, а далее — с помощью поверхностной и пространственной волн. На расстояниях более 3000 км распространение обусловлнвается только пространственной волной. Для диапазонов НЧ и ОНЧ характерны высокая стабильность уровня сигнала во времени, а твкже постоянство суточного изменения фазы сигнала, что позволяет использовать этн диапазоны для построения навигационных систем. НЧ и ОНЧ применяются для радиовещания, передачи сигналов точного времени и эталонных частот, измерення расстояннй и навигационного обеспечения мореплавания

и самолетовождения. Для РВ на километровых волнах используют мощные радиопередатчики (сотни киловатт) и сложные антенно-мачтовые сооружения. Основным источником помех на НЧ и ОНЧ являются грозовые разряды.

Гектометровые волны. К гектометровым волнам (диапазон средних частот СЧ, 300—3000 кГц) относятся волны длиной от 1000 до 100 м. В бытовой технике приема звукового радиовещания диапазон волн длиной от 735,3 до 2000 м, включающий части диапазонов километровых и гектометровых волн, называется «длинными волнами» (ДВ). Другая часть гектометрового диапазона — волны длиной от 185 до 571,4 м, также выделенные для звукового радиовещания, называется «средними волнами» (СВ).

СЧ могут распространяться днем только в виде поверхностной волны, так как концентрация электронов днем в нижнем слое ионосферы недостаточна для отражения СЧ, а до следующего слоя с более высокой электронной концентрацией СЧ не доходят вследствие большого поглощения в нижнем слое. Способность поверхностной волны к дифракции выражена на СЧ слабее, чем на НЧ, поэтому дальность распространения СЧ в дневное время меньше, чем НЧ, и не превышает 500 км над сушей и 1000 км над морем. Прием СЧ в дневное время относительно стабилен.

В ночное время СЧ приобретают возможность отражаться от ионосферы и начинают распространяться не только в виде поверхностных, но и в виде пространственных волн. Поэтому дальность приема значительно возрастает (до 4000 км). Прием ночью менее стабилен, чем днем, так как высота нижней границы ионосферы подвержена случайным изменениям, что приводит к колебаниям уровня напряженности поля за счет интерференции (сложения и вычитания) пространственной и поверхностной волн. Это приводит к замираниям, для борьбы с которыми применяют АРУ в приемниках и передающие антифединговые антенны. У этих антенн основной лепесток диаграммы направленности в вертикальной плоскости прижат к земле, что усиливает излучение поверхностной волны, которая не подвержена замираниям.

Гектометровые волны используют для служебной связи на расстоянии до 1000 км, радиовещания, навигации и радиопеленгования (определения направления на излучающий объект).

Декаметровые волны. К декаметровым волнам (диапазон высоких частот ВЧ, 3—30 МГц) относятся волны длиной от 100 до 10 м. В этом диапазоне целый ряд полос (25, 31, 41, 49, 52 и 80 м) выделен для звукового радиовещания. В бытовой радиоприемной технике и в любительской радиосвязи эти волны называются «короткими волнами» (КВ). Распространение ВЧ происходит практически только с помощью пространственных волн, так как поверхностные волны в этом диапазоне обладают очень слабой способностью к дифракции. На ВЧ можно установить радиосвязь между точками, отстоящими на десятки тысяч километров, причем если к надежности связи не предъявляется высоких требований, то в отличие от ДВ и СВ для этого могут быть использованы передатчики небольшой мощности (десятки ватт).

Для линий связи на ВЧ заданной длины существуют в зависимости от состояния ионосферы максимально применимые частоты (МПЧ). Если частота меньше МПЧ, то ВЧ отражаются от ионосферы и достигают пункта приема; если же частота больше МПЧ, то ВЧ проходят ионосферу насквозь, не отражаясь, и пункта приема не достигают. Следовательно, для установления связи применяемая частота должна быть меньше МПЧ. Обычно в дневное время, когда степень ионизации ионосферы больше, для связи применяются «дневные» волны (от 10 до 25 м), а в ночное время при более слабой ионизации применяют «ночные» волны (от 35 до 70 м).

При приеме ВЧ имеют место глубокие случайные замирания сигнала, более сильные, чем на СЧ. Замирания на ВЧ объясняются многолучевым характером распространения радиоволн и изменениями высоты отражающего слоя ионосферы. Борьба с замираниями на ВЧ ведется путем применения глубокой АРУ в приемниках, приема на разнесенные антенны и на разнесенных частотах.

Микроволновые диапазоны. К микроволновым диапазонам относят волны длиной от 10 м до 1 мм. К этим диапазонам относятся метровые волны (МВ) с длиной волны от 10 до 1 м (диапазон «очень высоких частот» ОВЧ, 30—300 МГц); дециметровые волны (ДМВ) с длиной волны от 1 м до 10 см (диапазон «ультравысоких частот» УВЧ, 300—3000 МГц); сантиметровые волны с длиной волны от 10 до 1 см (диапазон «сверхвысоких частот» СВЧ, 3—30 ГГц) и миллиметровые волны (ММВ) с длиной волны от 1 см до 1 мм (диапазон «крайне высоких частот» КВЧ, 30—300 ГГц). На ОВЧ и УВЧ ведется звуковое и телевизионное радиовещание; в бытовой радиоприемной технике соответствующие диапазоны называются «ультракороткими волнами» — УКВ.

Наибольший интерес для радиолюбителей представляют диапазоны МВ и ДМВ, которые используют для телевизионных передач.

Распространение волн в микроволновых диапазонах происходит практически только с помощью поверхностной волны, так как пространственные волны в этом диапазоне от ионосферы не отражаются. Предельная дальность распространения волн определяется явлениями дифракции и рефракции. Рефракция радиоволны состоит в искривлении ее траектории за счет преломления в атмосфере. Поскольку радиоволны распространяются в свободном пространстве по прямолинейным траекториям, то при отсутствии дифракции и рефракции дальность распространения была бы равна дальности геометрической видимости между передающей и приемной антеннами (рис. 13-2), т. е. суммой расстояний от этих антенн до линии горизонта. Дифракция на УКВ выражена очень слабо, однако она способствует некоторому увеличению дальности по сравнению с дальностью геометрической видимости. Рефракция также приводит к небольшому увеличению дальности распространения УКВ. Оба указанных явления — дифракция и рефракция — приводят к увеличению дальности распространения УКВ на 15—20% по сравнению с дальностью геометрической видимости.

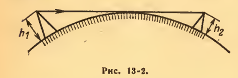


Рис. 13-2.

Дальность распространения УКВ в километрах в зависимости от высот передающей и приемной антенн над уровнем моря h_1 и h_2 в метрах рассчитывается по формуле

$$R = 4{,}1\ (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}).$$

Расстояние R, рассчитанное по этой формуле, называют дальностью прямой видимости с учетом рефракции радиоволн в атмосфере или просто *дальностью прямой видимости*. При высоте установки передающей антенны телецентра $h_1 = 400 \div 500$ м, а приемной антенны $h_2 = 20 \div 25$ м дальность прямой видимости около 110 км. При достаточной мощности телевизионного передатчика (несколько десятков киловатт на уровне вершин синхронизирующих импульсов) радиус зоны уверенного приема сигналов телецентра примерно равен дальности прямой видимости. Зона уверенного приема характеризуется стабильной и достаточно высокой напряженностью поля, при которой собственные шумы приемника не оказывают влияния на качество изображения. За пределами этой зоны уровень напряженности поля падает очень быстро. В связи с тем, что распространение УКВ происходит только с помощью поверхностной волны, замираний на УКВ практически не бывает. Атмосферные осадки (дождь, снег) на дальность распространения метровых и дециметровых волн влияют мало.

Существенное влияние на распространение УКВ оказывает рельеф местности. Так как размеры препятствий на местности (высокие холмы, горы) значительно больше длины волны УКВ, то радиоволны в этом диапазоне обладают слабой способностью к огибанию препятствий и за ними образуются зоны радиотени. По этой причине в низинных районах, закрытых горами от прямого сигнала телецентра,

напряженность поля часто бывает недостаточной для уверенного приема. С целью охвата таких районов телевизионным вещанием применяют ретрансляторы, представляющие собой высокочувствительные приемопередатчики, расположенные в высокой точке местности.

В радиолюбительской практике известны случаи приема телевизионных передач на расстояниях, в десятки раз превышающих дальность прямой видимости (сверхдальний прием). Такие случаи объясняются возникновением над земной поверхностью, при особом состоянии атмосферы, атмосферных волноводов, по которым УКВ могут распространяться на большие расстояния, а также способностью УКВ отражаться в отдельные моменты времени от неоднородностей в атмосфере и ионосфере. Явления сверхдальнего приема являются кратковременными и крайне нерегулярными.

Микроволновые диапазоны используют для телевизионного вещания, а также передачи радиовещания с частотной модуляцией (УКВ-ЧМ вещание), служебной связи на небольшие расстояния (десятки километров), в радиолокации, радиоспорте. На микроволнах работают спутники связи «Молния», обеспечивающие совместно с системой приемных пунктов «Орбита» подачу телевизионных программ в отдаленные районы страны; их используют также и для двусторонней передачи телевизионных программ на большие расстояния (тысячи километров) с помощью радиорелейных линий, представляющих собой цепочки приемопередатчиков, отстоящих друг от друга на расстояние, несколько меньшее дальности прямой видимости (около 60 км при высоте антенных опор 80—100 м).

Основными достоинствами микроволновых диапазонов являются большая частотная вместимость, отсутствие атмосферных помех и замираний, возможность построения остронаправленных антенн относительно небольших габаритов.

Параметры антенн

Параметры антенн не зависят от того, используются ли антенны для передачи или для приема (принцип взаимности). Если известны свойства антенны при использовании ее для передачи, то эти свойства позволяют полностью оценить ее как приемную, и наоборот.

Основными параметрами антенн являются диаграмма направленности, входное сопротивление, коэффициент направленного действия, коэффициент полезного действия, коэффициент усиления, действующая длина (высота) и ширина полосы пропускания.

Диаграмма направленности антенны — график, показывающий зависимость э. д. с. на зажимах антенны от направления прихода сигнала (максимальную э. д. с. условно принимают равной единице).

Полное представление о направленных свойствах антенны дает ее пространственная диаграмма направленности (диаграмма в телесном угле 360°). Однако достаточное для практических целей представление о направленных свойствах антенны можно получить, зная ее диаграммы направленности в горизонтальной (азимутальной) и вертикальной (меридиональной) плоскостях. Более важной, особенно в микроволновых диапазонах, является диаграмма направленности в горизонтальной плоскости.

Диаграмму направленности можно построить либо в полярных (рис. 13-3, *а*), либо в декартовых (прямоугольных) координатах (рис. 13-3, *б*).

Область *1* называют *основным лепестком* диаграммы направленности, область *2* — *задним или боковым лепестком* диаграммы направленности; боковых лепестков может быть несколько. Наибольшая э. д. с. на зажимах антенны имеет место в том случае, когда сигнал приходит со стороны максимума основного лепестка диаграммы направленности (сплошная стрелка на рис. 13-3, *а*).

Ширина диаграммы направленности по половинной мощности — угол, в пределах которого э. д. с. на зажимах антенны уменьшается до уровня 0,707 максимальной э. д. с., а мощность — до уровня 0,5 максимальной мощности (угол φ на рис. 13-3, *а*).

Уровень задних и боковых лепестков по напряжению γ_U — отношение э. д. с. на зажимах антенны при приеме со стороны максимума наибольшего из задних или боковых лепестков к э. д. с. при приеме со стороны максимума основного лепестка.

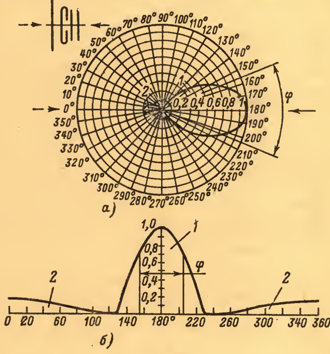


Рис. 13-3.

Уровень задних и боковых лепестков по мощности

$$\gamma_P = \gamma_U^2.$$

Уровень задних и боковых лепестков по напряжению и мощности в процентах

$$\gamma_U\,\% = 100\gamma_U; \quad \gamma_P\,\% = 100\gamma_P.$$

Уровень задних и боковых лепестков в децибелах

$$\gamma_{дБ} = 10 \lg \gamma_P = 20 \lg \gamma_U.$$

Например, если $\gamma_U = 0{,}2$, то $\gamma = -14$ дБ.

Входное сопротивление антенны $z_{вх}$ — отношение напряжения к току на зажимах антенны. Обычно $z_{вх}$ содержит *резистивную составляющую* $R_{вх}$ и *реактивную составляющую* $X_{вх}$.

Резистивная составляющая входного сопротивления

$$R_{вх} = R_\Sigma + R_п,$$

где R_{Σ} и $R_{п}$ — соответственно сопротивление излучения и сопротивление потерь, отнесенные к току $I_{вх}$ на зажимах антенны.

Сопротивление излучения R_{Σ} характеризует мощность излучения антенны

$$P_{\Sigma}=0{,}5I_{вх}^{2}R_{\Sigma}.$$

Сопротивление потерь $R_{п}$ характеризует мощность потерь в антенне $P_{п}$ (в проводниках, изоляторах и т. д.):

$$P_{п}=0{,}5I_{вх}^{2}R_{п}.$$

Сопротивления R_{Σ} и $R_{п}$ физически (в виде деталей) не существуют и являются коэффициентами при квадрате тока, имеющими размерность сопротивлений.

Модуль полного входного сопротивления антенны

$$z_{вх}=\sqrt{R_{вх}^{2}+X_{вх}^{2}}.$$

Чем меньше $X_{вх}$ и чем ближе $R_{вх}$ к волновому сопротивлению $z_{в}$ фидерной линии, тем лучше антенна согласована с фидером.

Коэффициент направленного действия антенны D характеризует выигрыш по мощности в нагрузке благодаря направленным свойствам антенны и представляет собой отношение мощности, которую развивает антенна без потерь на согласованной нагрузке, к мощности, развиваемой на той же нагрузке согласованным с ней воображаемым ненаправленным (изотропным) излучателем при одной и той же напряженности электромагнитного поля в точке приема. При этом предполагается, что антенна ориентирована на максимум приема.

Коэффициент полезного действия антенны η характеризует потери мощности в антенне и представляет собой отношение мощности излучения к сумме мощностей излучения и потерь, т. е. к полной мощности, которая подводится к антенне радиопередающей станции от передатчика:

$$\eta=\frac{P_{\Sigma}}{P_{\Sigma}+P_{п}}=\frac{R_{\Sigma}}{R_{\Sigma}+R_{п}}.$$

Чем меньше сопротивление излучения R_{Σ} и чем больше сопротивление потерь $R_{п}$, тем ниже коэффициент полезного действия. У длинноволновых антенн вследствие малости R_{Σ} $\eta\leqslant 0{,}1\div 0{,}2$. Антенны метровых и дециметровых волн, в частности телевизионные антенны, имеют η, близкий к единице.

Коэффициент усиления антенны по мощности K_{P} характеризует реальный выигрыш по мощности в нагрузке, даваемый данной антенной по сравнению с ненаправленным излучателем, с учетом направленных свойств антенны и потерь в ней:

$$K_{P}=D\eta.$$

Коэффициент усиления антенны по напряжению

$$K_{U}=\sqrt{K_{P}}.$$

Коэффициент усиления антенны [дБ]

$$K=10\lg K_{P}=20\lg K_{U}.$$

Например, если $K_{U}=2$, то $K=6$ дБ.

Коэффициент усиления антенны тем больше, чем меньше ширина диаграммы направленности и уровень задних и боковых лепестков.

В справочной литературе часто указывают коэффициент усиления не по отношению к ненаправленному излучателю, а по отношению к полуволновому вибратору. Коэффициент усиления антенны по отношению к полуволновому вибратору меньше коэффициента усиления по отношению к ненаправленному излучателю на 2,3 дБ (в 1,64 раза по мощности или в 1,28 раза по напряжению). В данном справочнике указаны коэффициенты усиления антенн по отношению к полуволновому вибратору. Естественно, что свойства антенны не зависят от того, с каким эталоном она сравнивается — с полуволновым вибратором или с ненаправленным излучателем.

Действующая длина антенны $l_д$ — параметр, используемый для характеристики свойств простейших антенн (линейный вибратор, петлевой вибратор и т. д.). Амплитуда тока вдоль линейного полуволнового вибратора меняется по синусоидальному закону (рис. 13-4, *а*). Заштрихованную площадь можно назвать условно «площадью» тока S_1. Представим себе второй линейный вибратор, вдоль которого ток распределен равномерно с амплитудой, равной амплитуде в центре полуволнового вибратора (рис. 13-4, *б*). Выберем длину второго вибратора так, чтобы его «площадь» тока S_2 была равна «площади» тока S_1 полуволнового линейного вибратора. Длина такого вибратора составляет λ/π (λ — длина волны). Следовательно, действующая длина линейного полуволнового вибратора

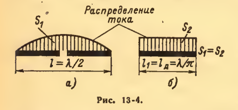


Рис. 13-4.

$$l_д=\lambda/\pi=\lambda/3,14=0,318\lambda.$$

Электродвижущая сила на зажимах вибратора

$$e=l_д E,$$

где E — напряженность поля в точке приема.

В антеннах, используемых для приема передач РВ станций, работающих на ДВ, СВ и КВ с применением вертикально поляризованных волн (антенна в виде вертикального или наклонного провода, Т-образная и Г-образная антенны), ток радиочастоты также распределен неравномерно: пучность (максимальная амплитуда) тока получается в месте подключения приемника или около него. Для таких антенн вместо параметра «действующая длина» пользуются аналогичным по физическому смыслу параметром «действующая высота», который обозначается $h_д$.

Если антенна согласована с фидерной линией, известны напряженность поля E в точке приема, параметры антенны, тип и длина кабеля снижения, то напряжение на входе приемника (например, телевизионного) можно рассчитать по формуле

$$U_{вх}=El_д K_U/2T_U,$$

где T_U — затухание сигнала по напряжению в фидерной линии; $l_д$ — действующая длина полуволнового вибратора.

Ширина полосы пропускания — полоса частот, в пределах которой неравномерность частотной характеристики (зависимость напряжения на нагрузке от частоты) не превышает заданной. Этот параметр очень важен применительно к телевизионным антеннам, для которых неравномерность частотной характеристики в полосе частот телевизионного канала не должна превышать ±1 дБ. Ширина полосы пропускания тем больше, чем меньше зависят от частоты коэффициент усиления и входное сопротивление антенны.

Параметры и режимы фидерных линий

Фидерные линии предназначены для передачи энергии радиочастоты от передатчика к передающей антенне, от приемной антенны к приемнику, а также для изготовления симметрирующих и согласующих устройств, междуэтажных соединений в сложных антеннах и т. д.

Основные параметры фидерных линий: волновое сопротивление, коэффициент укорочения длины волны, постоянная распространения и погонное затухание.

Волновое сопротивление — отношение амплитуды падающей волны напряжения в линии к амплитуде падающей волны тока (падающие волны — волны, распространяющиеся по линии от генератора к нагрузке); определяется через погонную индуктивность $L_{пог}$ и погонную емкость линии $C_{пог}$ по формуле

$$z_в = \sqrt{L_{пог}/C_{пог}}.$$

Волновое сопротивление зависит от формы и взаимного расположения проводников линии, а также от диэлектрической постоянной ε и магнитной проницаемости μ материала, разделяющего проводники.

Если сопротивление нагрузки z на конце линии отличается от волнового сопротивления $z_в$, то в линии возникают отраженные волны напряжения и тока, распространяющиеся от нагрузки к генератору.

Коэффициент отражения

$$p = U_{отр}/U_{пад},$$

где $U_{отр}$ и $U_{пад}$ — соответственно амплитуды отраженной и падающей волн.

При наличии отраженных волн распределение амплитуд напряжения (тока) вдоль линии становится неравномерным — пучности (места максимальной амплитуды) напряжения (тока) чередуются с узлами (местами минимальной амплитуды) напряжения (тока), причем расстояние между соседними пучностью и узлом составляет четверть длины волны, между соседними пучностями или соседними узлами — половину длины волны.

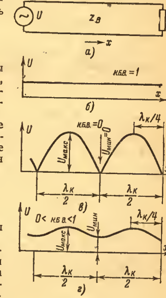


Рис. 13-5.

Коэффициент бегущей волны к. б. в $= U_{мин}/U_{макс}$, где $U_{мин}$ и $U_{макс}$ — соответственно минимальная и максимальная амплитуды напряжения в линии.

Коэффициент бегущей волны и коэффициент отражения связаны соотношением: к. б. в. $= (1 - p)/(1 + p)$.

Коэффициент стоячей волны — величина, обратная коэффициенту бегущей волны: к. с. в. $= 1/$к. б. в.

Если сопротивление нагрузки чисто активно ($z = R$), то при $R < z_в$ к. б. в. $= R/z_в$, при $R > z_в$ к. б. в. $= z_в/R$.

В зависимости от соотношения между волновым сопротивлением линии $z_в$ и сопротивлением нагрузки z (рис. 13-5, *а*) различают три основных режима работы линии.

Режим бегущей волны (рис. 13-5, *б*) имеет место при резистивной нагрузке с сопротивлением, равным волновому сопротивлению ($z = R = z_в$). Волны напряжения и тока распространяются только в одном направлении — от генератора

к нагрузке. Мощность, поступающая из генератора в линию, полностью передается в нагрузку. Амплитуды напряжения и тока вдоль линии — постоянны (к. б. в. = 1). Линия полностью согласована с нагрузкой и работает в наивыгоднейшем режиме.

Режим стоячей волны (рис. 13-5, *в*) имеет место, когда линия замкнута накоротко ($z = 0$), разомкнута ($z = \infty$) или нагружена на чисто реактивное сопротивление — индуктивность или емкость ($z = jX$). Перенос мощности вдоль линии отсутствует: вся мощность, поступающая из генератора в линию в виде падающих волн напряжения и тока, отражается от конца линии и поступает обратно в генератор. Линия полностью рассогласована с нагрузкой, распределение амплитуд напряжения и тока вдоль линии имеет вид стоячих волн (к. б. в. = 0).

Промежуточный режим (рис. 13-5, *г*) имеет место при сопротивлении нагрузки, содержащем резистивную и реактивную составляющие ($z = R + jX$), а также при чисто резистивной нагрузке, не равной волновому сопротивлению ($z = R \neq z_в$). Часть мощности, поступающей из генератора в линию, передается в нагрузку, а другая часть отражается от нагрузки и поступает обратно в генератор ($0 <$ к. б. в. < 1).

Измерение к. б. в. проводится с помощью специальных приборов-рефлектометров и измерительных линий. В радиолюбительской практике может быть применен простой и удобный способ измерения к. б. в. в коаксиальном антенном фидере УКВ антенн с помощью измерителя частотных характеристик, например с помощью прибора Х1-19. Измерение производится в следующей последовательности:

а) испытуемую антенну устанавливают на открытой площадке на высоте 3—4 м от земли;

б) переключатель прибора «Род работы» устанавливают в положение «Выход», переключатель «Диапазоны МГц» — в положение, соответствующее диапазону, в котором используется антенна;

в) к гнезду прибора «Выход ВЧ» подключают вспомогательный коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 75 Ом (РК-75-9-12, РК-75-4-15, РК-75-4-16, КПТА и т. д.), длиной 15—20 м, второй конец кабеля нужно оставить разомкнутым (холостой ход);

г) измеряют полный размах *А* кривой, получающейся на экране прибора (по форме эта кривая близка к синусоиде);

д) фидер антенны подключают к разомкнутому концу вспомогательного кабеля, идущего от гнезда прибора «Выход ВЧ» (например, с помощью телевизионного гнезда и штекера) и измеряют полный размах *Б* кривой на экране прибора;

е) к. б. в. вычисляют по формуле: к. б. в. $= (А - Б)/(А + Б)$.

Описанный способ позволяет сразу определить к. б. в. в требуемой полосе частот. Несмотря на пониженную точность (относительная погрешность измерения 10—20%) этот способ может быть с успехом использован при настройке антенн, в частности телевизионных, и антенн для спортивной аппаратуры.

При настройке нужно стремиться к тому, чтобы к. б. в. был возможно ближе к единице в рабочей полосе частот.

Коэффициент укорочения длины волны в линии n — отношение длины волны в свободном пространстве λ к длине волны в линии $\lambda_к$.

Для экранированных линий, полностью заполненных изоляцией, $n = \sqrt{\varepsilon}$, где ε — диэлектрическая постоянная изоляции. Наиболее распространенные фидерные линии из коаксиальных кабелей (РК-75-4-15, РК-75-4-11, РК-75-4-12, РК-75-4-16, РК-75-9-12, РК-75-9-13) имеют полиэтиленовую изоляцию с $\varepsilon = 2{,}3$. Поэтому для этих линий (кабелей) $n = 1{,}52$. Для кабеля КПТА $n = 1{,}23$. Для воздушных линий экранированных и неэкранированных $n = 1$.

Длина волны в линии $\lambda_к = \lambda/n$.

Пример. Определить длину полуволнового отрезка кабеля РК-75-4-15 на средней частоте третьего телевизионного канала $f = 80$ МГц ($\lambda = 3{,}75$ м).

1. Длина волны в кабеле

$$\lambda_к = 3{,}75/1{,}52 = 2{,}46 \text{ м.}$$

2. Длина полуволнового отрезка кабеля

$$l = \lambda_к/2 = 2{,}46/2 = 1{,}23 \text{ м.}$$

Постоянная распространения фидерной линии α — угол, на который изменяется фаза напряжения (тока) на единицу длины линии $\alpha = 360°/\lambda_к$.

Зная постоянную распространения, можно определить сдвиг фазы в линии заданной длины либо длину линии, обеспечивающую заданный сдвиг фазы

В линии длиной l сдвиг фазы напряжения (тока) $\alpha_l = \alpha l$.

Погонное затухание фидерной линии β — затухание на единицу ее длины; выражается обычно в децибелах на метр [дБ/м] или децибелах на километр [дБ/км].

Затухание в децибелах в линии длиной l $T = \beta l$.

Если β выражено в [дБ/м], значение l подставляют в эту формулу в метрах.

Перевод затухания в децибелах T в затухание в «разах» по напряжению T_U или по мощности T_P, а также обратный перевод производят по таблицам децибел или по формулам

$$T = 20 \lg T_U; \quad \lg T_U = T \text{ [дБ]}/20;$$
$$T = 10 \lg T_P; \quad \lg T_P = T \text{ [дБ]}/10.$$

С увеличением частоты затухание в линии возрастает.

Типы фидерных линий

Гибкие кабели. Конструкция гибкого коаксиального кабеля показана на рис. 13-6. Здесь d_1 — диаметр внутренней жилы, d_2 — внутренний диаметр металлического чулка (диаметр по изоляции), d_3 — наружный диаметр кабеля. Электрические параметры и основные конструктивные данные коаксиальных кабелей приведены в табл. 13-1 и 13-2.

Рис. 13-6.

Жесткие линии. Различные типы экранированных линий показаны на рис. 13-7, *а*, *б*; неэкранированных — на рис. 13-7, *в*, *г*, *д*. Волновые сопротивления линий в Омах:

коаксиальная линия (рис. 13-7, *а*)

$$z_в = 138 \lg \frac{A}{d};$$

двухпроводная экранированная линия (рис. 13-7, *б*)

$$z_в = 276 \lg \left(\frac{2a}{d} \frac{A^2 - a^2}{A^2 + a^2} \right) \text{ при } \frac{A}{d} > 4;$$

двухпроводная неэкранированная линия (рис. 13-7, *в*)

$$z_в = 276 \lg \frac{2a}{d} \text{ при } \frac{a}{d} > 2;$$

ленточная линия (рис. 13-7, *г*)

$$z_в = 377 \frac{A}{A+a} \quad \text{при} \quad \frac{A}{a} < 2.$$

Волновые сопротивления коаксиальной и двухпроводной неэкранированной линий (рис. 13-7, *а* и *в*) можно определить также по графикам на рис. 13-8 и 13-9

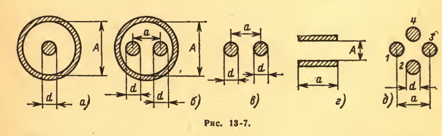


Рис. 13-7.

соответственно. Волновое сопротивление четырехпроводной линии (рис. 13-7, *д*) определяется по графику на рис. 13-10. Кривая *1* на этом графике относится к случаю, когда напряжение приложено между попарно соединенными проводниками 1—2 и 3—4, кривая *2* — к случаю, когда напряжение приложено между попарно соединенными проводниками 1—3 и 2—4. Четырехпроводную линию применяют для получения волнового сопротивления 50—150 Ом, двухпроводную — 150—400 Ом.

Волновое сопротивление экранированной линии (коаксиальной, двухпроводной) при сплошном заполнении диэлектриком уменьшается в $\sqrt{\varepsilon}$ раз.

Таблица 13-1

Параметры коаксиальных кабелей

Тип кабеля*	$z_в$, Ом	$C_{пог}$, пФ/м, не более	Размеры (рис. 13-6)			Минимально допустимый радиус изгиба, мм
			d_1, мм	d_2, мм	d_3, мм	
РК-75-4-15 (РК-1)	75±3	76	0,72	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-4-11 (РК-101)	75±3	72	0,72	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-4-16 (РК-49)	75±3	76	0,78**	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-4-12 (РК-149)	75±3	76	0,78**	4,6±0,2	7,3±0,4	70
РК-75-9-12 (РК-3)	75±3	75	1,35	9,0±0,5	12,2±0,8	120
РК-75-9-13 (РК-103)	75±3	75	1,35	9,0±0,5	12,2±0,8	120
КПТА	75±7,5	—	0,52	2,4±0,1	4,0±0,2	40
РК-50-9-12 (РК-6)	50±2	110	2,70**	9,0±0,5	12,2±0,8	120
РК-50-9-11 (РК-106)	50±2	110	2,70**	9,0±0,5	12,2±0,8	120
РК-50-7-15 (РК-47)	50±2	115	2,28**	7,3±0,3	10,3±0,6	100
РК-50-7-11 (РК-147)	50±2	115	2,28**	7,3±0,3	10,3±0,6	100

* В скобках указаны старые обозначения.
** Семижильный проводник.

Таблица 13-2

Погонное затухание коаксиальных кабелей на средних частотах телевизионных каналов и диапазона радиовещания на УКВ

Тип кабеля	Номера телевизионных каналов												Радио-вещание на УКВ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	Погонное затухание β, дБ/м												
РК-75-4-15 (РК-1)	0,072	0,079	0,090	0,094	0,098	0,135	0,139	0,143	0,146	0,150	0,152	0,154	0,083
РК-75-4-11 (РК-101)	0,072	0,079	0,090	0,094	0,098	0,135	0,139	0,143	0,146	0,150	0,152	0,154	0,083
РК-75-4-16 (РК-49)	0,068	0,079	0,094	0,100	0,107	0,171	0,177	0,183	0,189	0,195	0,199	0,204	0,086
РК-75-4-12 (РК-149)	0,064	0,073	0,090	0,096	0,103	0,160	0,165	0,171	0,176	0,181	0,186	0,190	0,081
РК-75-9-12 (РК-3)	0,042	0,046	0,053	0,056	0,061	0,092	0,095	0,098	0,100	0,105	0,108	0,112	0,049
РК-75-9-13 (РК-103)	0,042	0,046	0,052	0,056	0,058	0,088	0,090	0,093	0,095	0,097	0,100	0,102	0,048
КПТА	0,091	0,100	0,119	0,127	0,134	0,192	0,196	0,201	0,205	0,210	0,215	0,219	0,108

Изолирующие шайбы жестких линий могут быть изготовлены из оргстекла, полистирола, фторопласта. Размеры шайб выбирают так, чтобы волновое сопро-

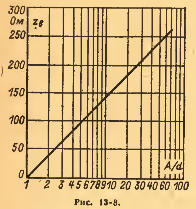


Рис. 13-8.

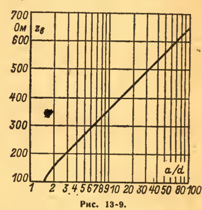


Рис. 13-9.

тивление на участке линии, занимаемом шайбой, было равно волновому сопротивлению остальной линии. Размеры шайбы из полистирола ($\varepsilon = 2{,}5$) для коаксиальной линии с $z_в = 75$ Ом показаны на рис. 13-11: $A/d_1 = 3{,}5$; $A/d_a = 7{,}0$; материал шайбы — полистирол. Шайбу выполняют из двух половин, что позволяет «утопить» ее в проточке внутреннего проводника.

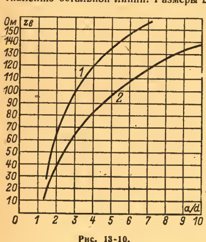


Рис. 13-10.

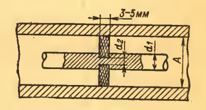


Рис. 13-11.

13-2. ПРИЕМНЫЕ АНТЕННЫ УКВ

Выбор конструкции антенны

Простейшими антеннами для приема телевизионных передач на расстояниях до 40—60 км от телецентра, приема радиовещательных передач на УКВ и для любительской связи являются полуволновые симметричные вибраторы. Такие вибраторы имеют коэффициент усиления $K_U = 1$ (0 дБ). При горизонтальном расположении вибратора диаграмма направленности в горизонтальной плоскости имеет форму восьмерки, в вертикальной — форму окружности.

Направленные антенны используют для приема телевизионных передач на расстояниях более 40—60 км от телецентра и для увеличения дальности связи на УКВ (если известно направление на корреспондента). Для дальнего приема телевидения (на расстояниях более 80—100 км) следует использовать многоэлементные антенны с большим коэффициентом усиления, а также более сложные антенны, состоящие из нескольких многоэлементных антенн, разнесенных в горизонтальной и вертикальной плоскостях. При значительном уровне отраженных сигналов и других помех телевизионному приему направленные антенны целесообразно применять и на меньших расстояниях от телецентра.

Простейшие антенны УКВ

Линейный разрезной вибратор (рис. 13-12, *а*). Его входное сопротивление 73 Ом; ширина рабочей полосы частот ±15% от средней частоты. Длину вибратора можно найти по табл. 13-3 или вычислить по формуле

$$l=\frac{\lambda}{2}\left(1-\frac{\delta}{100}\right),$$

где δ — коэффициент укорочения полуволнового вибратора в процентах, определяемый по графику на рис. 13-13.

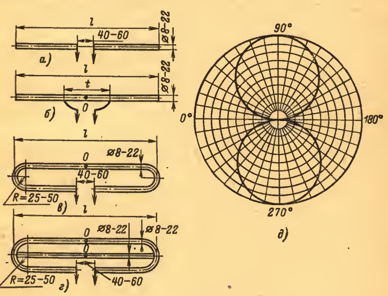


Рис. 13-12.

Если вибратор рассчитывают на прием нескольких телевизионных каналов, длину l определяют для средней частоты полосы частот, занимаемой этими каналами.

Линейный неразрезной вибратор (рис. 13-12, *б*). Длину вибратора определяют по той же формуле, что и для разрезного вибратора. Входное сопротивление зависит от отношения t/l. При $t/l = 0{,}2$ входное сопротивление $R_{вх}$ равно 100 Ом; при $t/l = 0{,}3$ $R_{вх} = 200$ Ом, при $t/l = 0{,}4$ $R_{вх} = 350$ Ом. Ширина рабочей полосы

частот $\pm 8 \div 10\%$ средней частоты. Такой вибратор часто называют вибратором с шунтовым питанием.

Таблица 13-3

Длина вибраторов для приема ТВ и РВ программ и любительской связи на УКВ

Длина вибратора	Номера телевизионных каналов									Радиовещание УКВ	Диапазоны для связи	
	1	2	3	4	5	6,7	8,9	10—12	6—12		2м	70 см
Длина линейного разрезного вибратора l, мм	2790	2370	1790	1630	1490	750	690	625	675	2120	970	320
Длина петлевого вибратора l, мм	2740	2300	1740	1580	1450	730	670	605	655	2060	940	310

Петлевой вибратор (рис. 13-12, *в*). Входное сопротивление 292 Ом, ширина рабочей полосы частот $\pm 20\%$ средней частоты. Длину l рассчитывают по той же формуле, что и для линейных вибраторов. При определении коэффициента укорочения δ по графику на рис. 13-13 под диаметром вибратора нужно понимать эквивалентный диаметр $d_{экв} = \sqrt{2Sd}$, где S — расстояние между осями трубок, d — диаметр трубки. Расстояние S обычно принимают равным 80—100 мм на метровых волнах и 30—60 мм на дециметровых.

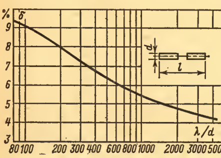


Рис. 13-13.

В случае приема на нескольких телевизионных каналах длина определяется для средней частоты полосы частот, занимаемой этими каналами.

Двойной петлевой вибратор (рис. 13-12, *г*) имеет входное сопротивление 660 Ом. Остальные параметры — те же, что у петлевого вибратора.

Диаграмма направленности вибраторов, показанных на рис. 13-12, *а*—*г* в горизонтальной плоскости, приведена на рис. 13-12, *д*.

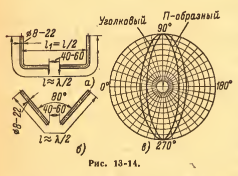


Рис. 13-14.

Все эти вибраторы, кроме линейного разрезного (рис. 13-12, *а*), крепят к любой мачте, металлической или деревянной, в точке нулевого потенциала (точка «0» на рис. 13-12, *б*—*г*) без промежуточных изоляторов (например, с помощью металлических хомутов или сварки). Крепление на мачте линейного разрезного вибратора производят с помощью диэлектрической платы. Места припайки кабелей должны быть защищены от влаги с помощью монтажных коробок, которые желательно залить

эпоксидной смолой или церезином. Ориентировку вибраторов нужно производить так, чтобы направление на принимаемую станцию было перпендикулярно продольной оси вибраторов.

Наибольшее распространение на практике получили линейный разрезной и петлевой вибраторы, так как они имеют несколько более широкую полосу пропускания, чем остальные вибраторы, и легко согласуются с коаксиальными кабелями с волновым сопротивлением 75 Ом.

П-образный (рис. 13-14, *а*) и уголковый (рис. 13-14, *б*) полуволновые **вибраторы** следует применять, когда нужно вести прием сигналов с различных направлений (или передачу в различных направлениях), так как диаграммы направленности этих вибраторов в горизонтальной плоскости (рис. 13-14, *в*) не имеют резких провалов («нулей»). Длина вибраторов l определяется по той же формуле, что и для линейного и петлевого вибраторов. Входное сопротивление П-образного вибратора имеет последовательно включенные резистивную составляющую $R_{вх} = 35$ Ом и реактивную составляющую емкостного характера $x_{вх} = 50$ Ом. Уголковый вибратор имеет резистивное входное сопротивление 30 Ом.

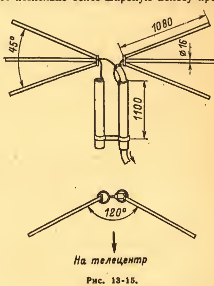


Рис. 13-15.

Широкополосный веерный вибратор (рис. 13-15) может быть использован для приема телевизионных передач на каналах 1—12. Полная его длина составляет примерно $\lambda/2$ на средней частоте каналов 1—5 ($f_{ср} = 72$ МГц) и $3\lambda/2$ на средней частоте каналов 6—12 ($f_{ср} = 200$ МГц). На каналах 1—5 $K_U = 1{,}0$ (0 дБ), на каналах 6—12 $K_U = 1{,}18$ (1,5 дБ).

Симметрирующе-согласующие устройства

Симметрирование производят в тех случаях, когда к симметричной антенне нужно подключить коаксиальную фидерную линию. Симметрирующее устройство устраняет токи радиочастоты на наружной поверхности экрана кабеля и искажения диаграммы направленности антенны. Симметрирование приемных антенн увеличивает помехозащищенность приема, передающих — повышает устойчивость работы выходного каскада передатчика.

Согласование антенн проводят с целью обеспечения высокого к. б. в. в фидерной линии. Согласующее устройство преобразует входное сопротивление антенны в сопротивление, близкое или равное волновому сопротивлению фидерной линии.

Кабель *3* подключают к симметричным полуволновым вибраторам *1* (рис. 13-16) с помощью симметрирующе-согласующих устройств, обеспечивающих одновременно симметрирование и согласование. Эти устройства могут быть использованы в следующих полосах частот (в процентах от средней частоты); фазосдвигающее колено *2* (рис. 13-16, *а*) —±5%, волновое U-образное колено (рис. 13-16,*б*) и четвертьволновый мостик (рис. 13-16, *в*) — ±6—8%, четвертьволновый стакан (рис. 13-16, *г*) и полуволновое U-образное колено (рис. 13-16, *д*) — ± 15—20%.

Фидерную линию *3* и U-образное колено *4* изготавливают из кабеля с $z_в = 75$ Ом.

В конструкциях на рис. 13-16, *в* и *г* трубки *5*, *6* и перемычка *7* — металлические, а детали *8* и *9* — из изоляционных материалов (текстолит, оргстекло, полистирол). Трубки *5* и *6* в конструкции на рис. 13-16, *г* соединяют круговой сваркой или пайкой *10*.

Проволочный трансформатор 300/75 Ом (рис. 13-16, *е*) можно использовать для симметрирования и согласования любых широкополосных телевизионных антенн, имеющих $z_{вх} \approx 300$ Ом. Четыре катушки трансформатора намотаны

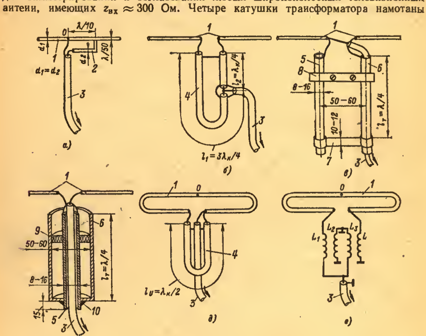


Рис. 13-16.

попарно на двух каркасах диаметром 6—8 мм. Каждая катушка содержит по 12 витков ПЭЛШО 0,3. Намотка — сплошная, в два провода. Расстояние между каркасами 15—20 мм.

К П-образному и уголковому вибраторам кабель подключают с помощью волнового U-образного колена (рис. 13-16, *б*) или четвертьволнового мостика (рис. 13-16, *в*).

При изготовлении УКВ антенн (например, многоэтажных) бывает необходимо согласовать фидерную линию с сопротивлением нагрузки *R*, не равным волновому сопротивлению линии $z_в$. Для этой цели между нагрузкой и линией включают согласующий четвертьволновый трансформатор, представляющий собой отрезок кабеля длиной $\lambda_к/4$ с волновым сопротивлением

$$z_{тр} = \sqrt{z_в R}.$$

Если кабель с таким волновым сопротивлением отсутствует, то трансформатор можно изготовить либо из отрезка жесткой линии, либо из нескольких соединенных параллельно отрезков кабеля (например, трансформатор с $z_{тр} = 38$ Ом можно изготовить из двух кабелей с волновым сопротивлением 75 Ом).

Антенны типа «волновой канал»

Наиболее распространенная направленная антенна «волновой канал» (рис. 13-17, *а*) состоит из активного полуволнового вибратора *1* (обычно петлевого), рефлектора *2* и нескольких директоров *3*, укрепленных на несущей стреле *4* с помощью скоб *5* или сварки. Стрела устанавливается на мачте *9*. Подключение фидерной линии *6* к активному вибратору производят с помощью симметрирующе-согласующего устройства *7*, *8*, как показано на рис. 13-16, *д*. Активный вибратор, рефлектор и директоры называют элементами антенны. Максимум диаграммы направленности антенны обращен в сторону директоров (направление максималь-

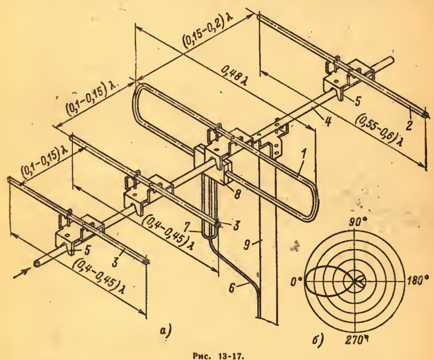


Рис. 13-17.

ной силы приема показано на рис. 13-17, *а* стрелкой). С увеличением числа директоров коэффициент усиления антенны возрастает. Ширина рабочей полосы частот антенны составляет 8—10%. Примерный вид диаграммы направленности показан на рис. 13-17, *б*.

Для телевизионного приема обычно применяют антенны «волновой канал», показанные на рис. 13-18, *а*—*г*. Размеры этих антенн, а также их основные электрические параметры указаны в табл. 13-4—13-7.

В зависимости от расстояния до телецентра нужно применять следующие антенны: для приема на каналах 1—5 при расстояниях 40—60 км — трехэлементные, 60—70 км — пятиэлементные, 70—80 км — семиэлементные; на каналах 6—12 при расстояниях 40—50 км — трехэлементные, 50—60 км — пятиэлементные, 60—70 км — семиэлементные, 70—80 км — одиннадцатиэлементные; на каналах 21—41 при расстояниях 40—60 км — семиэлементные, 60—70 км — одиннадцатиэлементные.

Таблица 13-4

Размеры и электрические параметры трехэлементных антенн для приема ТВ и РВ программ и любительских связей на УКВ (рис. 13-18, *а*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов													Радиовещание на УКВ	Диапазоны для связи	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6—12		2 м	70 см
А	3040	2580	2000	1820	1660	900	860	825	795	765	730	705	830	2300	1100	365
Б	2710	2300	1780	1620	1480	795	765	735	705	680	650	630	640	2050	980	325
В	2360	2000	1550	1410	1290	695	665	640	615	590	570	550	620	1800	930	310
а	800	800	800	800	800	550	550	550	550	550	550	550	550	800	600	210
б	880	750	580	530	480	260	250	240	230	225	215	205	275	675	295	100
в	595	505	390	355	325	175	170	265	155	150	145	140	110	450	295	100
K, дБ	5,0	5,0	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	4,5	5,0	6,5	7,0
φ°	66	66	64	64	64	60	60	60	60	60	60	60	68	66	60	55
γ, дБ	—15	—15	—15	—15	—15	—17	—17	—17	—17	—17	—17	—17	—14	—15	—17	—20

Таблица 13-5

Размеры и электрические параметры пятиэлементных антенн для приема ТВ и РВ программ и любительской связи на УКВ (рис. 13-18, *б*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов													Радиовещание на УКВ	Диапазоны для связи	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6—12		2 м	70 см
А	3150	2660	2035	1830	1680	915	880	840	810	780	750	720	830	2400	1120	375
Б	2780	2350	1800	1620	1490	810	780	740	715	690	660	635	630	2100	1100	335
В	2520	2135	1630	1470	1350	730	705	670	650	625	600	575	620	1920	910	305
Г	2510	2125	1620	1460	1340	725	700	665	645	620	595	570	580	1910	890	300
Д	2450	2070	1580	1420	1300	710	680	650	625	600	585	550	550	1860	—	—
а	800	800	800	800	800	550	550	550	550	550	550	550	550	800	600	210
б	1210	1040	780	700	645	350	340	325	310	295	285	270	275	940	430	145
в	735	625	475	425	390	215	205	195	190	180	175	170	110	560	265	90
г	705	595	455	410	375	205	195	190	180	175	170	160	220	530	250	85
д	750	630	480	430	395	215	205	195	190	180	175	170	345	570	—	—
K, дБ	8,0	8,0	8,5	8,5	8,5	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	6,5	8,0	—	—
φ°	54	54	52	52	52	48	48	48	48	48	48	48	56	54	—	—
γ, дБ	—16	—16	—16	—16	—16	—18	—18	—18	—18	—18	—18	—18	—14	—16	—	—

Таблица 13-6

Размеры и электрические параметры семиэлементных антенн для приема ТВ и РВ программ на УКВ (рис. 13-18, *в*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов																		Радиовещание на УКВ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	6—12	21—25	26—30	31—35	36—41	21—41	
А	3220	2730	2120	1920	1760	925	885	850	815	785	755	730	830	377	348	324	303	336	2450
Б	2760	2340	1810	1650	1510	710	680	650	625	600	580	560	665	308	284	264	247	274	2100
В	2200	1870	1450	1320	1200	700	670	640	620	595	570	555	630	293	270	252	235	261	1690
Г	2180	1850	1430	1300	1390	655	625	600	575	555	535	515	590	290	267	249	232	258	1670
Д	2160	1830	1415	1290	1180	620	595	570	545	525	505	485	555	287	264	246	229	255	1650
Е	2130	1810	1400	1270	1160	565	540	520	500	480	460	445	515	283	260	243	226	252	1630
Ж	2105	1790	1380	1260	1150	520	500	480	460	440	425	410	470	279	257	240	223	249	1610
а	800	800	800	800	800	550	550	550	550	550	550	550	550	240	240	240	240	240	800
б	1080	910	710	645	590	310	295	285	275	265	255	245	260	140	129	120	112	125	820
в	415	350	275	250	225	125	120	115	110	105	100	95	110	72	67	62	58	64	320
г	810	685	530	485	445	245	235	225	215	205	200	190	220	92	85	79	74	82	615
д	845	715	560	505	460	385	370	355	340	325	315	305	345	104	96	89	83	92	610
е	870	735	570	520	475	400	385	370	350	330	325	320	365	121	112	104	97	104	660
ж	905	765	595	540	495	425	405	390	375	360	345	335	385	132	122	114	105	117	690
К, дБ	9,5	9,5	10,0	10,0	10,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	7,5	9,5
φ°	48	48	46	46	46	44	44	44	44	44	44	44	50	46	46	46	46	50	48
γ, дб	—18	—18	—18	—18	—18	—20	—20	—20	—20	—20	—20	—12	—14	—18	—18	—18	—18	—12	—18
S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40	100

Таблица 13-7

Размеры и электрические параметры одиннадцатиэлементных антенн на телевизионные каналы 6—12 и 21—41 (рис. 13-8, *г*)

Размеры, мм, и электрические параметры	Номера телевизионных каналов												
	6	7	8	9	10	11	12	6—12	21—25	26—30	31—35	36—41	21—41
А	850	810	780	750	720	695	670	830	377	348	324	303	336
Б	740	710	680	655	630	605	580	665	308	284	264	247	274
В	730	700	670	645	620	595	570	630	293	270	252	235	261
Г	700	670	640	615	590	570	550	590	290	267	249	232	258
Д	690	660	635	610	585	565	545	555	287	264	246	229	255
Е	680	650	625	600	575	555	535	515	283	260	243	226	252
Ж	670	640	615	590	565	545	525	470	279	257	240	223	249
З	645	620	590	570	550	530	510	445	276	254	237	220	246
И	645	620	590	570	550	530	510	420	272	251	234	217	243
К	645	620	590	270	550	530	510	405	269	248	231	214	240
Л	645	620	590	270	550	530	510	395	265	245	228	210	237
а	550	550	550	550	550	550	550	550	240	240	240	240	240
б	420	400	385	370	355	340	325	260	140	129	120	112	125
в	210	195	185	180	170	165	160	110	72	67	62	58	64
г	385	370	355	340	325	315	305	220	92	85	79	74	82
д	510	490	470	450	430	415	400	345	104	96	89	83	92
е	315	305	290	280	270	260	250	365	121	112	104	97	104
ж	425	405	390	375	360	345	330	385	132	122	113	105	117
з	360	345	335	320	305	295	285	405	133	123	114	106	118
и	505	480	460	445	426	410	395	425	134	124	115	107	119
к	415	395	380	365	350	335	320	450	136	126	117	109	121
л	435	420	400	385	370	355	340	480	137	127	118	110	122
S	100	100	100	100	100	100	100	100	40	40	40	40	40
K, дБ	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	9,0	11,5	11,5	11,5	11,5	8,5
φ°	38	38	38	38	38	38	38	42	40	40	40	40	42
γ, дБ	—22	—22	—22	—22	—22	—22	—22	—18	—20	—20	—20	—20	—16

Активный вибратор, рефлектор и директоры изготавливают из трубок следующих наружных диаметров: 16—22 мм для каналов 1—5; 10—14 мм для каналов 6—12; 8—10 мм для каналов 21—41. Толщина стенки 1—1,5 мм. Несущую стрелу изготавливают из трубы наружным диаметром 30—35 мм для каналов 1—5, 18—22 мм для каналов 6—12 и 14—16 мм для каналов 21—41. Толщина стенки 2—2,5 мм. Мачту изготавливают из трубы наружным диаметром 30—50 мм со стенкой толщиной 3—4 мм или из деревянного бруса размером 60 × 60 мм. Крепить мачту лучше всего в центре тяжести стрелы с вибраторами. При значительной длине стрелы между ее концом и мачтой нужно установить подкос.

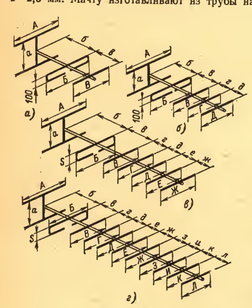


Рис. 13-18.

Многоканальные антенны

Ширину полосы пропускания антенн типа «волновой канал» можно увеличить до ±30—40% за счет некоторого снижения коэффициента усиления. Практически это достигается за счет специального подбора размеров элементов и расстояний между ними.

Антенны типа «волновой канал» с расширенной полосой пропускания показаны на рис. 13-19. Антенна на рис. 13-19, *а* может быть использована для телевизионного приема при следующих сочетаниях каналов: 1 и 3, 1 и 4, 2 и 4, 2 и 5. Размеры антенны для каждого из этих сочетаний каналов приведены в табл. 13-8. На рис. 13-19, *б* показаны размеры антенны на телевизионные каналы 1 и 5, на рис. 13-19, *в* — на каналы 3 и 5. Фидерная линия из коаксиального кабеля с $z_в = 75$ Ом подключается к петлевым вибраторам через проволочный симметрирующе-согласующий трансформатор 300/75, как показано на рис. 13-16, *е*. Диаметр трубок — от 16 до 22 мм.

Антенны на каналы 1 и 3, 1 и 4, 2 и 5 имеют коэффициент усиления 4 дБ, уровень задних лепестков — от —12 до —20 дБ, к. б. в. — от 0,5 до 0,8; антенна на каналы 3 и 5 имеет коэффициент усиления 7 дБ, уровень задних лепестков — от —14 до — 24 дБ, к. б. в. — от 0,5 до 0,85.

Широкополосные антенны

Логопериодические антенны. Широкополосные направленные антенны, работающие без перестройки в десяти-двадцатикратном и более широком диапазоне волн применяют в качестве связных антенн на КВ и УКВ, а также для приема телевизионных передач на расстоянии до 60—70 км от телецентра на каналах 1—12.

Простой вариант антенны, применяемой на УКВ, показан на рис. 13-20. Антенна состоит из ряда вибраторов, подключенных с последовательной переменой фазы к двухпроводной линии. Длины вибраторов и расстояния между ними уменьшаются в геометрической прогрессии в направлении к точкам подключения кабеля.

Позади самого длинного вибратора устанавливают короткозамыкающую перемычку, которая улучшает согласование антенны с фидерной линией. Расстояние от перемычки до вибратора подбирают экспериментально. Фидерная линия (коаксиальный кабель с $z_в = 75$ Ом) проходит внутри одной из трубок двухпроводной линии (безразлично — верхней или нижней) и припаивается со стороны самого короткого вибратора, как показано на рис. 13-20.

Электрические параметры и размеры антенны определяются периодом структуры τ, равным отношению длины последующего вибратора к длине предыдущего

Таблица 13-8

Размеры многоканальных антенн

Размеры, мм	Номера телевизионных каналов			
	1 и 3	1 и 4	2 и 4	2 и 5
А	3045	2945	2780	2560
Б	2540	2540	2315	2130
В	1670	1515	1525	1405
Г	1540	1460	1410	1295
Д	1490	1440	1385	1255
а	940	940	860	790
б	215	190	197	180
в	580	690	530	487
г	670	710	612	563
S	150	150	150	150
р	140	140	140	140

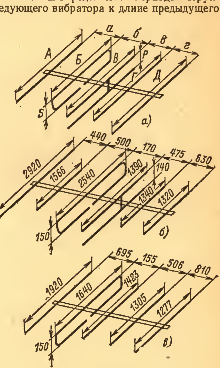


Рис. 13-19.

(знаменатель геометрической прогрессии), и углом ψ при вершине треугольника, в который вписаны вибраторы. Чем ближе период структуры τ к единице и чем меньше угол ψ, тем выше коэффициент усиления. Однако при этом возрастают габариты антенны. На практике принимают обычно $\tau = 0{,}8 \div 0{,}9$ и $\psi = 30 \div 45°$.

На каждой частоте рабочего диапазона волн в приеме участвуют те вибраторы, резонансные частоты которых наиболее близки к этой частоте (три-четыре вибратора). Поэтому коэффициент усиления антенны на любом из 12 каналов получается примерно таким же, как у одноканальной трех-, четырехэлементной антенны типа «волновой канал» ($K = 5 \div 6$ дБ).

Расчет антенны. Для расчета размеров антенны нужно знать крайние волны рабочего диапазона $\lambda_{макс}$ и $\lambda_{мин}$. Сначала определяют длину наибольшего вибратора l_1, которая должна быть равна $0{,}55\ \lambda_{макс}$.

Затем строится равнобедренный треугольник с выбранным углом ψ при вершине (30—45°) и основанием, равным в масштабе построения длине наибольшего вибратора l_1.

Второй вибратор располагается на расстоянии $d_1 = (0{,}15 \div 0{,}18)\ \lambda_{макс}$ от первого (в масштабе построения).

Длина второго вибратора определится при этом однозначно, так как он должен полностью вписываться в треугольник. Далее определяется длина третьего вибратора на расстоянии $d_2 = d_1\tau$ от второго, четвертого — на расстоянии $d_3 = d_2\tau$ от третьего и т. д. Построение продолжают до тех пор, пока длина очеред-

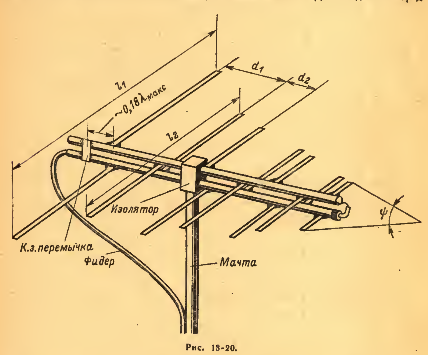


Рис. 13-20.

ного вибратора, вписанного в треугольник, будет равна примерно $0{,}45\lambda_{мин}$. Этот вибратор и будет последним.

Размеры антенны на телевизионные каналы 1—12 показаны на рис. 13-21, *а*; на каналы 1—5 — на рис. 13-21, *б*; на каналы 6—12 — на рис. 13-21, *в*. Коэффициент усиления 6 дБ, уровень задних лепестков — 12 дБ, к. б. в. более 0,5. Расстояние между центрами трубок двухпроводной линии 32 мм, диаметр трубок 22 мм, диаметр вибраторов 12 мм.

Антенны для дальнего приема телевидения

Для приема телевизионных передач на расстояниях более 80—100 км применяют многоэтажные антенны «волновой канал».

Двухэтажная антенна. Схемы расположения элементов и кабельных соединений показаны на рис. 13-22, *а*. Коэффициент усиления $K = K_1 + 3$, где K_1 — коэффициент усиления одного этажа, дБ.

Четырехэтажная антенна. Схемы расположения элементов и кабельных соединений показаны на рис. 13-22, *б*. Коэффициент усиления $K = K_1 + 6$.

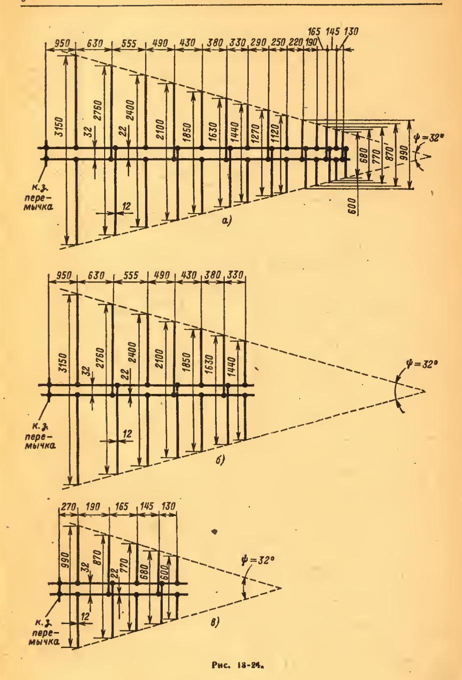

950
630
555
490
430
380
330
290
250
220
190
165
145
130
3150
2760
2400
2100
1850
1630
1440
1270
1120
32
22
12
680
770
870
990
600
ψ=32°
к.з. пере-мычка
а)
б)
270
в)

Рис. 13-24.

Полотно каждого этажа двухэтажной и четырехэтажной антенны изготавливают согласно рис. 13-18 и табл. 13-4—13-7. В обеих антеннах все кабели должны иметь $z_в = 75$ Ом.

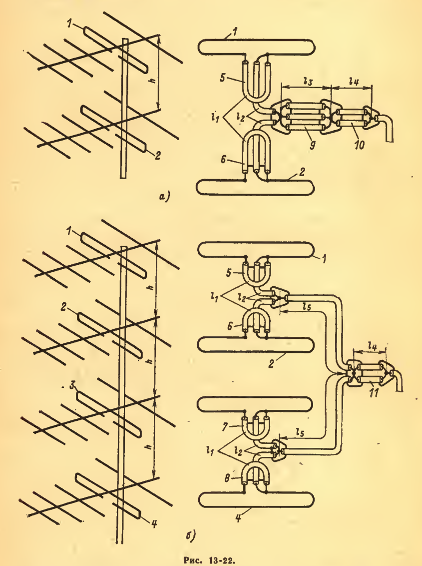


Рис. 13-22.

На рис. 13-22; *1—4* — петлевые вибраторы, *5—8* — полуволновые колена, *9—11* — четвертьволновые трансформаторы. Длины кабелей и разнос этажей по вертикали приведены в табл. 13-9.

Таблица 13-9

Размеры многоэтажных антенн типа «волновой канал»

Размеры, мм	Номера телевизионных каналов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
l_1	1900	1600	1240	1120	1030	560	535	515	495	475	455	440
l_2	1900	1600	1240	1120	1030	560	535	515	495	475	455	440
l_3	950	800	620	560	515	280	270	260	250	240	230	220
l_4	950	800	620	560	515	280	270	260	250	240	230	220
l_5	3800	3200	2480	2240	2060	1120	1070	1030	990	950	910	880
h	2860	2420	1875	1705	1570	840	810	775	740	720	690	660

При монтаже кабельных соедннений нужно следить за тем, чтобы оба этажа были включены синфазно. Для этого центральные проводники кабелей l_2 должны быть включены одинаково: оба к правым зажимам или оба к левым зажимам петлевых вибраторов.

Антенна должна быть установлена на возможно более высокой мачте.

Антенны с повышенной помехозащищенностью

Для улучшения качества приема телевизионных передач при большом уровне помех и отраженных сигналов целесообразно применять антенны с повышенной помехозащищенностью, т. е. с минимально возможным задним лепестком диаграммы направленности.

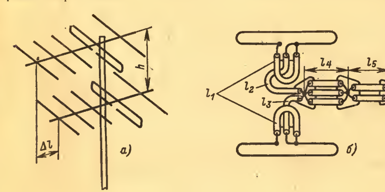


Рис. 13-23.

Антенна с повышенной помехозащищенностью (рис. 13-23, *а*) состоит из двух этажей. Верхний этаж сдвинут относительно нижнего по горизонтали в направлении на принимаемый телецентр на расстояние $\Delta l = \lambda_{ср}/4$ ($\lambda_{ср}$ — средняя длина волны телевизионного канала), а кабель питания верхнего этажа длиннее кабеля питания нижнего этажа на $\lambda_к/4$ ($\lambda_к$ — средняя длина волны телевизионного канала в кабеле). Благодаря сдвигу этажей и разнице в длинах кабелей питания этажей отраженные сигналы и помехи, приходящие с заднего и боковых направлений, складываются в противофазе. В то же время прямые сигналы телецентра, принятые соответственно верхним и нижним этажами, складываются синфазно. В результате коэффициент усиления антенны остается тем же, что

и для обычной двухэтажной антенны дальнего приема, а уровень задних лепестков снижается на 10—15 дБ.

Схема кабельных соединений показана на рис. 13-23, *б*. Все кабели с $z_в = 75$ Ом. Сдвиг этажей по горизонтали Δl, разнос по вертикали h и длины кабелей для каналов 1—12 приведены в табл. 13-10.

Таблица 13-10

Размеры двухэтажной антенны с повышенной помехозащищенностью

Размеры, мм	Номера телевизионных каналов											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
l_1	1900	1600	1240	1120	1030	560	535	515	495	475	455	440
l_2	2850	2400	1860	1680	1545	840	805	775	745	715	685	660
l_3	1900	1600	1240	1120	1030	560	535	515	495	475	455	440
l_4	950	800	620	560	515	280	270	260	250	240	230	220
l_5	950	800	620	560	515	280	270	260	250	240	230	220
Δl	1450	1220	940	870	780	430	410	390	380	360	350	340
h	2860	2420	1875	1705	1570	840	810	775	740	720	690	660

Антенна может использоваться как для дальнего приема, так и для приема в городах при большом уровне отраженных сигналов.

Изготовление УКВ антенн

Материалы. Для изготовления мачт, стрел, активных вибраторов, рефлекторов и директоров используют трубы из стали и алюминиевых сплавов. Наиболее распространенные стальные бесшовные холоднотянутые трубы из сталей марок Ст10, Ст20, Ст35, Ст40 сваривают электро- и газовой сваркой, они обладают высокой прочностью, хорошо поддаются гибке. Успешно могут быть использованы трубы из алюминиевых сплавов Д1, Д16, АМГН. Трубы из сплавов Д1 и Д16 имеют достаточную механическую прочность, поддаются гибке, однако они не очень устойчивы против коррозии и с трудом поддаются сварке. Трубы из сплава АМГН обладают большой механической прочностью, высокой устойчивостью против коррозии, высокой пластичностью, хорошо свариваются.

Различные металлические детали — скобы крепления, подпятники, кольца крепления растяжек и т. д. изготавливают из листовой стали Ст3 толщиной от 1,5 до 3 мм.

Изоляционные детали изготавливают из гетинакса, текстолита, органического стекла, полистирола, капролона. Детали из гетинакса рекомендуется бакелизировать. В условиях субтропического и тропического климата очень хорошо зарекомендовал себя фторопласт, который в течение многих лет работы на открытом воздухе не меняет своих электрических и механических свойств.

Гибка труб. Перед гибкой один конец трубы нужно закрыть деревянной пробкой и плотно набить трубу хорошо просеянным песком. Для более плотного заполнения трубы песком ее нужно периодически встряхивать. После набивки песком второй конец также закрывают деревянной пробкой. Гибка производится между двумя стальными роликами с канавками полукруглого профиля. Первый ролик, радиус которого равен требуемому радиусу изгиба, устанавливают на неподвижной оси, второй — в вилке поворотного рычага. Труба вкладывается в канавку первого ролика, и один конец ее жестко закрепляется. При медленном вращении рычага установленный на нем ролик обкатывает и изгибает трубу. При отсутствии указанного приспособления трубу, заполненную песком, можно согнуть на болванке соответствующего радиуса.

Окрашивание и гальванические покрытия. Для увеличения надежности и срока службы антенны нужно защитить ее от воздействия осадков, туманов, промышленных газов. Для этой цели применяют окрашивание и гальванические покрытия. Крупные детали антенн — металлические и деревянные мачты, стрелы, вибраторы — окрашивают (трубы из сплава АМГН можно не окрашивать). Мелкие стальные детали — скобы крепления, кольца растяжек, крепеж и т. д. нужно цинковать или, еще лучше, кадмировать. Перед окраской металлические детали нужно очистить от следов коррозии и загрунтовать. Детали при грунтовке должны быть совершенно сухими во избежание отслоения грунта. Окрашивание лучше производить влагостойкими эмалями, а при их отсутствии — масляной краской в несколько слоев.

Монтаж. При монтаже кабельных соединений нужно следить за тем, чтобы в процессе разделки конца кабеля не надрезать центральный проводник, так как в месте надреза он может со временем сломаться. Перед пайкой следует проверить, не замкнулся ли волосок экрана кабеля на центральный проводник. Во избежание оплавления полиэтиленовой изоляции кабеля нужно избегать длительного прогрева экрана и центрального проводника при облуживании и пайке. Пользоваться лучше припоями с пониженной температурой плавления (ПОС-61, ПОСК-50). Концы вибраторов, к которым подключается кабель, нужно поместить в диэлектрическую монтажную коробку с крышкой. С целью предохранения паек от влаги целесообразно залить внутрь монтажной коробки церезин (минеральный воск). В крышке нужно сделать два отверстия диаметром 5—6 мм с пробками. Одно отверстие служит для заливки церезина, второе — для выхода вытесняемого воздуха. В непосредственной близости от места пайки кабель нужно закрепить хомутами или скобами. При прокладке кабеля следует учитывать, что радиус его изгиба должен быть не меньше минимально допустимого, указанного в табл. 13-1.

Ориентирование телевизионных антенн

Место установки приемной антенны желательно выбрать так, чтобы она не была закрыта близко расположенными зданиями от прямого сигнала телецентра. Устанавливать антенну нужно ближе к коньку крыши, на расстоянии не менее 2—3 м от других антенн, стоек радиотрансляционных сетей, вентиляционных коробов и других выступающих металлических предметов.

Приемную антенну нужно ориентировать на передающую антенну телецентра, что обеспечивает наибольший уровень сигнала на входе телевизора и минимальный уровень помех. Если при этом на экране телевизора будут наблюдаться значительные повторные контуры, то антенну нужно повернуть в ту или иную сторону до положения, в котором повторные контуры не будут существенно ухудшать качества изображения. В тех случаях, когда ослабить повторные контуры не удается, нужно применить антенну с более острой диаграммой направленности или антенну с повышенной помехозащищенностью.

Делители напряжения

При приеме телевизионных передач вблизи телецентра (в радиусе 5—6 км) напряжение на входе телевизора может значительно превышать допустимый уровень даже при подключении фидерной линии к антенному вводу телевизора с коэффициентом деления 1 : 10 или 1 : 30. В результате перегрузки входных цепей телевизора возникают искажения сигнала, проявляющиеся в чрезмерной контрастности, срыве синхронизации и т. д.

Качество изображения можно значительно улучшить, включив на входе телевизора Т-образный (рис. 13-24, *а*) или П-образный (рис. 13-24, *б*) делитель. Сопротивления для различных ослаблений указаны в табл. 13-11.

Таблица 13-11

Сопротивления элементов делителя, Ом

Ослабление по напряжению	Вид схемы				Ослабление по напряжению	Вид схемы			
	Т-образная (рис. 13-24, *а*)		П-образная (рис. 13-24, *б*)			Т-образная (рис. 13-24, *а*)		П-образная (рис. 13-24, *б*)	
	R_1	R_2	R_1	R_2		R_1	R_2	R_1	R_2
В 3 раза (10 дБ)	39	56	150	100	В 10 раз (20 дБ)	56	15	82	390
В 6 раз (16 дБ)	56	27	100	220	В 20 раз (26 дБ)	68	10	82	820

Подключение к телевизору антенн разных каналов

Подключение к телевизору антенн разных каналов, установленных на общей или раздельных мачтах, производится с помощью фильтра сложения (рис. 13-25). Данные элементов фильтра приведены в табл. 13-12.

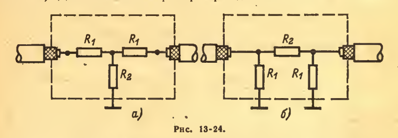


Рис. 13-24.

Потери, вносимые фильтром, не превышают 1 дБ; взаимовлияние антенн через фильтр практически отсутствует (развязка более 20 дБ). Фильтр монтируется в металлической коробке размером 110 × 60 × 20 мм с крышкой.

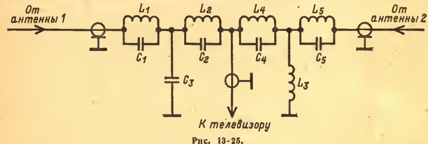


Рис. 13-25.

Экраны кабелей с $z_в$ = 75 Ом и заземляемые выводы конденсатора C_3 и катушки L_3 припаивают к лепесткам. Катушки — однослойные, со сплошной намоткой проводом ПЭВ-1 0,67 наматывают на каркасах из полистирола или органического стекла. Катушки L_1, L_2, L_4, L_5 располагают на общем каркасе. Конденсаторы — типа КТ или КД.

Таблица 13-12

Данные элементов фильтра сложения

Комбинация телевизионных каналов	Данные катушек									Емкость конденсаторов, пФ		
	L_1, L_2			L_3			L_4, L_5					
	Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр каркаса, мм	Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр каркаса, мм	Индуктивность, мкГ	Число витков	Диаметр каркаса, мм	C_1, C_2	C_3	C_4, C_5
Любой канал или группа каналов с 1-го по 5-й с любым каналом или группой каналов с 6-го по 12-й	0,05	2	5	0,08	3	5	0,39	11	5	12	20	12
Каналы 1 и 3	0,09	3	6	0,16	5	6	0,23	7	6	47	33	39
Каналы 2 и 4	0,08	3	5	0,14	5	5	0,20	7	5	47	30	36
Каналы 2 и 5	0,08	3	5	0,16	6	5	0,14	5	5	43	30	43

Подключение двух телевизоров к общей антенне

Подключение двух телевизоров к общей антенне возможно либо с помощью согласователя на резисторах (рис. 13-26, *а*), либо с помощью направленного ответвителя (рис. 13-26, *б*). В согласователе на резисторах сигнал ослабляется по

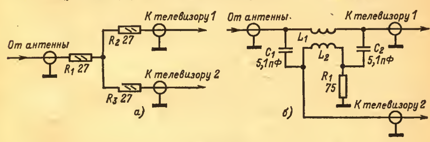


Рис. 13-26.

напряжению в 2 раза, в направленном ответвителе — в 1,5 раза. Оба согласователя работают в полосе частот 12 каналов.

Катушки направленного ответвителя содержат по 32 витка провода ПЭВ-1 0,67; диаметр намотки 7 мм, намотка рядовая, двухзаходная (намотка в два провода).

13-3. АНТЕННЫ ДЛЯ ПРИЕМА РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕДАЧ

Для приема радиовещательных передач на НЧ, СЧ и ВЧ, которые ведутся с помощью вертикально поляризованных волн, используют антенны в виде вертикального или наклонного провода (рис. 13-27, *а*).

Чем больше действующая высота антенны, тем больше напряжение на входе радиоприемника. Для увеличения действующей высоты верхний конец антенны должен обладать емкостью относительно земли. Такой емкостью служит горизон-

тальный отрезок провода, подключаемый к верхнему концу антенны. Антенны с увеличенной действующей высотой (Г-образная и Т-образная) показаны на рис. 13-27, *б*, *в*. Действующая высота этих антенн составляет примерно 0,7—0,8

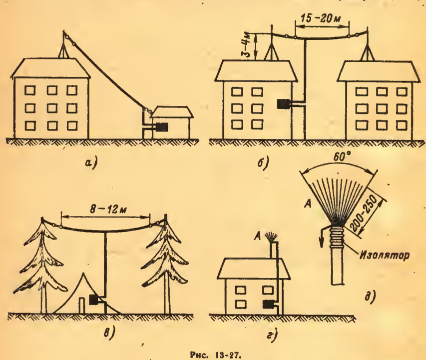


Рис. 13-27.

их геометрической высоты. Разновидностью таких антенн является и широко распространенный вертикальный провод с «метелочкой» (рис. 13-27, *г*, *д*).

Для приема вещательных передач могут использоваться и комнатные антенны (например, провод длиной 2—3 м).

13-4. АНТЕННЫ ЛЮБИТЕЛЬСКИХ РАДИОСТАНЦИЙ

Антенны для работы на нескольких диапазонах

Простейшая антенна для работы на двух диапазонах состоит из двух полуволновых вибраторов *1* и *2* (рис. 13-28, *а*), подключенных к одной фидерной линии.

Антенна такого типа может быть использована для работы в двух диапазонах, например в 80 и 40-метровом, 20 и 10-метровом и т. д. Примерная длина в метрах каждого вибратора

$$l = \frac{142{,}5}{f\ [\text{МГц}]},$$

где f — средняя частота диапазона, в котором работает данный вибратор

Окончательно длина антенны уточняется по максимуму к. б. в. в фидере на средних частотах каждого диапазона.

Вибраторы можно расположить взаимно перпендикулярно. Их центры крепят на мачте, а концы — к четырем другим мачтам, которые могут быть ниже центральной или вообще отсутствовать. В последнем случае концы вибраторов крепят, например, к ограждению крыши. Число параллельно включенных вибраторов

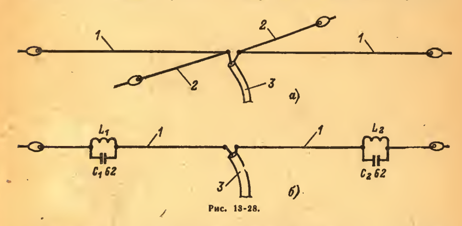


Рис. 13-28.

можно увеличить до трех-четырех, обеспечив тем самым работу на трех-четырех диапазонах. Фидерная линия 3 выполняется из коаксиального кабеля с $z_в = 75$ или 50 Ом.

Многодиапазонная антенна W3DZZ (рис. 13-28, *б*) может быть использована для работы в 10, 14, 20, 40 и 80-метровом диапазонах. Катушки L_1 и L_2 намотаны на каркасах из пластмассы или керамики диаметром 50 мм и содержат по 20 витков провода ПЭВ-2 1,5; длина намотки 80 мм. Индуктивность катушек нужно окончательно установить такой, чтобы резонансная частота каждого контура была равна 7,05 МГц. Конденсаторы C_1 и C_2 должны иметь емкость 62 ± 2 пФ при номинальном напряжении не менее 3 кВ. Фидерная линия *3* выполняется из коаксиального кабеля с $z_в = 75$ Ом.

Антенна Ground plane (рис. 13-29) представляет собой четвертьволновый вибратор с противовесом. Антенна, рассчитанная на 20-метровый диапазон, может быть использована и в диапазоне 15 м, а антенна, рассчитанная на 15-метровый диапазон, может быть использована в 20 и 10-метровом диапазонах.

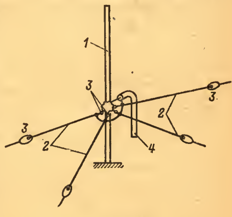


Рис. 13-29.

Антенна имеет круговую диаграмму направленности в горизонтальной и прижатую к земле в вертикальной плоскости, что делает ее очень эффективной при проведении дальних связей на КВ.

Металлический вертикальный штырь *1* укрепляют на изоляционном основании. От основания натягивают четыре противовеса *2* из медного провода или антенного канатика, изолированных с обеих сторон изоляторами *3*. Центральный

проводник коаксиальной фидерной линии соединяется со штырем *1*, а металлическая оплетка — со всеми проводами противовеса.

Длина l в метрах штыря и каждого противовеса определяется по формуле: $l = 72/f$, где f — средняя частота основного диапазона, на который рассчитывается антенна, МГц.

Штырь антенны 10-метрового диапазона должен иметь диаметр 15—20 мм, 15-метрового — 20—30 мм, 20-метрового — 30—40 мм и 40-метрового — 50—80 мм.

В горизонтальной плоскости противовесы располагают через 90°, в вертикальной плоскости угол между штырем и противовесом — от 90 до 140°. Фидерная линия *4* — коаксиальный кабель с $z_в = 50$ Ом.

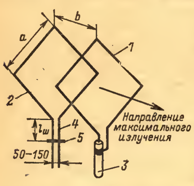


Рис. 13-30.

Направленные антенны

Антенны «волновой канал» дают хорошие результаты при связи на УКВ. Размеры таких антенн указаны в табл. 13-4 и 13-5.

Антенну «двойной квадрат» изготавливают из медного провода или антенного канатика (рис. 13-30). Его натягивают на деревянные распорки, которые при условии пропитки и окраски могут служить длительное время. Обе рамки имеют одинаковые размеры. Длина стороны в метрах $a = 75{,}6/f$.

Расстояние между рамками в метрах $b = 60/f$.

К рамке *1*, которая служит активным вибратором, подключается коаксиальный кабель *3* с $z_в = 75$ Ом. К рамке *2*, являющейся рефлектором, подключается двухпроводный шлейф *4* с подвижной короткозамыкающей перемычкой *5*. Ориентировочная длина шлейфа в метрах

$$l_ш = 20/f.$$

В приведенных формулах f — средняя частота диапазона, МГц.

Настройка антенны состоит в регулировке длины шлейфа до получения минимального заднего лепестка.

Коэффициент усиления антенны — 4—5 дБ, уровень заднего лепестка — 15—20 дБ.

Симметрирующе-согласующие устройства

Симметрирование и согласование петлевых и линейных активных вибраторов антенн типа «волновой канал», применяемых для любительской связи на УКВ, можно производить с помощью устройств, показанных на рис. 13-16. В радиолюбительской практике находят применение и другие симметрирующе-согласующие устройства, показанные на рис. 13-31.

Рис. 13-31.

В устройстве на рис. 13-31, *а* расстояние (в метрах) от середины активного вибратора *1* до перемычки, соединяющей вибратор с дополнительной трубкой *2*, $l_c = 13/f$ [МГц].

Максимальные емкости (в пикофарадах) подстроечных конденсаторов: $C_1 = 2000/f$ [МГц], $C_2 = 500/f$ [МГц].

При настройке антенны последовательной регулировкой емкостей C_1 и C_2 необходимо добиться максимального к. б. в. на средней частоте рабочего диапазона.

На рис. 13-31, *б* показано симметрирующе-согласующее устройство, состоящее из дополнительных трубок *2* того же диаметра, что и вибратор *1*, и полуволнового U-образного колена *4* из коаксиального кабеля. Настройка на максимум к. б. в. производится перемещением короткозамыкающих перемычек *3*.

13-5. МОЛНИЕЗАЩИТА И ЗАЗЕМЛЕНИЕ АНТЕНН

Антенна нуждается в грозозащите, если она не расположена в зоне защиты молниеотвода, расположенного поблизости. Способ выполнения грозозащиты зависит от конструкции кровли и мачты.

Телевизионная антенна на заземленной металлической кровле. Если мачта металлическая, то нужно соединить ее верхнюю часть с экранами кабелей и с точкой нулевого потенциала антенны, а нижнюю часть — с кровлей. Точка нулевого потенциала находится у петлевого вибратора в середине неразрезанной трубки, у разрезного вибратора — в середине к. з. перемычки симметрирующего мостика.

Если мачта деревянная, то нужно подключить к точке нулевого потенциала антенны медный или стальной провод токоотвода диаметром 3—4 мм, соединив с той же точкой экраны кабелей, проложить провод вдоль мачты (к мачте провод крепится скобками или бандажами) и соединить его с кровлей.

Телевизионная антенна на неметаллической кровле. Если мачта металлическая, то нужно соединить ее верхнюю часть с экранами кабелей и с точкой нулевого потенциала антенны. К нижней части подключить провод токоотвода, проложить его вдоль стены здания и заземлить, уложив по дну траншеи на глубине 0,5—0,8 м. Длина горизонтального (заземляющего) луча должна быть: для глины — не менее 2 м, суглинка — 4 м, чернозема — 6 м, песка — 12—15 м. После укладки провода траншеи засыпать.

Если мачта деревянная, то нужно подключить к точке нулевого потенциала антенны провод токоотвода, соединив с той же точкой экраны кабелей, проложить провод вдоль мачты и стены здания и заземлить, как было указано.

Для увеличения надежности молниезащиты можно выполнять заземление в виде двух или нескольких лучей из провода диаметром 3—4 мм или железа шириной 10—20 мм и толщиной 4—5 мм (длина лучей — от 2 до 15 м в зависимости от почвы). Можно использовать также газовые трубы длиной 2—3 м, лист большой площади и т. д. Все соединения в системе молниезащиты нужно выполнять надежно, с помощью паек, сварки или, в крайнем случае, путем зажима под болт. Места паек покрывают асфальтовым лаком. Поверхность заземляющих электродов должна быть очищена от краски, лаков и т. д.

Устройство различных систем молниезащиты и заземления показано на рис. 13-32.

Грозовые переключатели. Для защиты наружной антенны и соединенного с ней приемника от атмосферного электричества при радиовещательном приеме на НЧ, СЧ и ВЧ применяют грозовые переключатели. К среднему зажиму переключателя подключают антенну, к крайним — соответственно приемник и заземление. При неработающем приемнике и при приближении грозы переключатель переводится в положение, соответствующее заземлению антенны, антенный штекер вынимают из гнезда приемника.

Для улучшения качества радиовещательного приема на НЧ, СЧ и ВЧ шасси приемника (гнездо «Земля») целесообразно заземлить, подключив его, например, к трубе центрального отопления. В месте подключения заземляющего про-

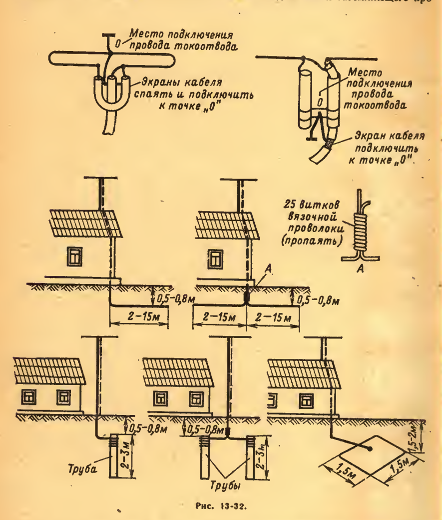


Рис. 13-32.

вода трубу нужно очистить от ржавчины и краски, место подключения провода следует закрасить.

Подключать заземляющий провод к газовым трубам нельзя! Заземлять шасси приемника с автотрансформаторным питанием нельзя!

13]

асси
апри-
про-

еля
ть

ровода

шасси